ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre
du progrès des sciences au service
du genre humain

VOLUME XI Octobre 1952 NUMÉRO 44

SOMMAIRE

Article de Tête: Les sciences dans la presse quotidienne 171

581.192.2:581.47/.48:[547.29 + 547.39]
Les corps gras des fruits ou des graines — T. P. HILDITCH — 173

091.31:59(084.1)«13»
Un enlumineur naturaliste du XIVe siècle: Cybo d'Hyères — A. C. CROMBIE — 183

575.173:577.15.02
Le mode d'action des facteurs héréditaires — A. BUTENANDT — 188

576.89:576.12
Parasitisme, évolution et phylogénèse — THOMAS W. M. CAMERON — 193

576.355:547.963.32
Le rôle des nucléoprotéines dans la division cellulaire — W. JACOBSON et M. WEBB — 200

576.853:582.25/.26:546.72
Organismes ferrugineux — E. G. PRINGSHEIM — 208

551.510.534
L'ozone de l'atmosphère terrestre — G. M. B. DOBSON — 215

049.3
Revue des livres 219

Livres reçus 223

Notes biographiques sur les collaborateurs 224

Rédacteur en chef: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Rédacteur adjoint: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.
Pour les éditions étrangères: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries Limited, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1
Prière d'adresser toute correspondance à la rédaction, 26 Dover Street, Londres, W.1

Les sciences dans la presse quotidienne

On oublie trop souvent que les sciences occupent aujourd'hui dans la vie des peuples une place bien plus importante qu'il y a un demi-siècle. A cette époque ceux qui s'adonnaient à l'étude des sciences devaient forcément se destiner à l'enseignement: leurs perspectives d'emploi dans l'industrie étaient très faibles, et dans l'Administration, pratiquement nulles. Aujourd'hui les recherches ou les gérances scientifiques offrent de nombreux débouchés. Il était alors exceptionnel de voir un homme gagner sa vie à travailler dans un laboratoire, tandis que de nos jours la chose est courante. Naguère les explosifs ne constituaient aucun danger immédiat et n'évoquaient d'ailleurs rien de scientifique: on vit aujourd'hui dans la crainte des raids aériens et de la bombe atomique, enfants terribles de la science. Les gens parlent couramment de rayons cosmiques et d'énergie nucléaire. Ils ne savent pas toujours exactement de quoi il en retourne, mais ils savent qu'il s'agit de récentes découvertes scientifiques. En somme, on peut dire sans beaucoup d'exagération que les sciences dominent la vie de notre époque.

Or, quelle place la presse, qui est censée être le miroir de la vie courante, accorde-t-elle aux sciences, et que pourrait-elle faire de plus ? Il n'est guère facile de mettre une matière assez compliquée à la portée de lecteurs qui, tout en y témoignant un intérêt de curiosité, n'ont aucune formation scientifique et, de plus, hésiteraient à y consacrer le temps et l'effort intellectuel nécessaires. D'ailleurs la presse, de nos jours, ne dispose plus de l'espace qu'il faudrait. De 1907 à 1914, Ray Lankester publia dans le *Daily Telegraph* sous le titre *Science from an Easy Chair* («Les sciences dans un fauteuil») la série d'articles de vulgarisation scientifique la mieux conçue de notre époque. L'auteur n'était pas obsédé du souci de la brièveté, et chaque article comporte deux à trois mille mots. Les grands quotidiens étaient alors plus volumineux que de nos jours et les lecteurs, que ne sollicitaient ni la radio ni la télévision, pouvaient leur consacrer plus de temps. Les articles de Ray Lankester, réunis en volumes, jouirent d'une faveur considérable auprès du public, comme l'attestent les huit éditions du premier volume, *Science from an Easy Chair*, parus en cinq ans.

Le succès de Ray Lankester pose un autre problème. Il était doué d'un style très attrayant et possédait de vastes connaissances; toutefois, à part de rares incursions dans le domaine de l'astronomie, ses sujets de prédilection étaient tous biologiques: les méduses, par exemple, ou les éléphants, le choléra, les mites. Il est reconnu que la biologie a pour le profane plus d'attraits que les sciences exactes, elle traite d'organismes vivants, connus pour la plupart, et ses conceptions sont moins abstraites que celles de la physique théorique, par exemple, et son caractère utilitaire est apprécié. Or il n'est guère facile de rencontrer un écrivain distingué qui serait tout aussi à l'aise dans le domaine biologique que dans le domaine physique. Si donc la presse quotidienne doit donner au public une idée tant soit peu complète des progrès scientifiques qui peuvent l'intéresser, il lui faudra faire appel à au moins deux savants de marque. Ici une autre difficulté surgit: il est d'usage dans la presse britannique de payer libéralement les auteurs d'entrefilets sportifs ou de prédictions astrologiques; mais cette générosité ne s'étend pas habituellement aux collaborateurs scientifiques. La critique du théâtre et de l'écran est une rubrique indispensable; plusieurs quotidiens ont en outre un chroniqueur humoristique qui est souvent un écrivain de grand talent.

Il en résulte que pour le moment soit par manque d'espace soit en raison de l'insuffisance des fonds alloués, la presse quotidienne n'est pas en mesure d'entretenir une rubrique scientifique organisée. Certains journalistes, malgré les circonstances défavorables, font preuve d'une louable initiative et leurs articles sont soigneusement documentés. Il serait néanmoins intéressant d'examiner les mesures que la rédaction d'un journal devrait prendre pour mettre sa rubrique scientifique sur le même pied que sa rubrique sportive.

Tout d'abord, doit-on faire paraître à intervalles réguliers des articles scientifiques, du genre de ceux de Ray Lankester, sur des sujets d'actualité, en sus d'un service d'information signalant, avec quelques explications, les toutes dernières découvertes et inventions ? L'article périodique est plus praticable, car il peut être rédigé à loisir et aura du poids s'il est l'œuvre d'un savant de premier plan. Il y a avantage à ce qu'un rédacteur attitré soit chargé de tels articles car il s'établit alors entre celui-ci et ses lecteurs une sorte d'intimité qui aide à leur compréhension mutuelle. Cela n'exclut pas la possibilité qu'il y ait deux ou plusieurs collaborateurs réguliers, ce qui serait d'ailleurs souhaitable, étant donné qu'un seul ne saurait, comme il a été déjà indiqué, se charger avec autorité des

deux grandes divisions de la science. Il va de soi que la collaboration occasionnelle d'un spécialiste éminent serait bienvenue.

Le rédacteur en chef d'un journal connaissant peu les milieux scientifiques, devra naturellement être guidé tant sur le choix de ses collaborateurs attitrés que sur la question du reportage scientifique, et cela pose le problème du personnel approprié. Il paraît indispensable de s'assurer soit les conseils d'une personnalité scientifique agissante, soit les services permanents d'un journaliste de carrière qui aurait l'avantage d'une formation scientifique. Il incombe à un rédacteur consciencieux de distinguer entre des informations touchant des progrès authentiques émanant de sources autorisées, et d'habiles mystifications. En cette matière seul un homme d'expérience, connaissant à fond non seulement les éléments respectables du monde scientifique mais aussi ses illuminés et ses aigrefins, serait à même de prendre, en toute indépendance, des décisions promptes et sûres. C'est là une considération importante quand on songe aux nouvelles fantaisistes que publient parfois des journaux sérieux. D'autre part les informations télégraphiques de sources incontestables ne sont pas toujours traduites correctement, et l'avis d'un conseiller expérimenté s'impose dans les cas douteux. Les articles de fond, même non-signés, comme de coutume, doivent aussi inspirer confiance.

Un des rédacteurs attitrés, s'il a reçu une formation scientifique et entretient des relations suivies avec le monde savant, pourrait se charger d'éditer les informations scientifiques de provenance sûre, notamment des bulletins concis et bien rédigés que publient actuellement les laboratoires de l'Etat. Il pourrait aussi consacrer des chroniques aux établissements scientifiques susceptibles d'être visités, ainsi qu'aux conférences — telles que les congrès de la British Association — et autres événements scientifiques. Il aurait alors à sa disposition des spécialistes auxquels recourir le cas échéant et arriverait avec le temps à déceler promptement ce qui peut être mis à la portée du public. En mettant les choses au mieux, avec l'aide de deux conseillers extérieurs, il pourrait faire beaucoup plus, mais il ne saurait évidemment trancher avec une égale autorité des questions d'astronomie stellaire et d'énergie atomique, ainsi que d'antibiotiques et d'hérédité.

Ce n'est malheureusement pas de si tôt que les dirigeants de journaux consacreront aux sciences ne serait-ce que la dixième partie de l'espace et des fonds alloués aux sports. Il se peut même qu'un de ces jours les séries de dessins humoristiques s'annexent le domaine de la science !

Les corps gras des fruits ou des graines

T. P. HILDITCH

Les corps gras du péricarpe et de la graine des fruits se composent surtout de glycérides comportant divers mélanges d'acides gras. Etude de la spécificité de ces mélanges quant à certaines familles de végétaux; les acides non-saturés, oléique et linoléique, et l'acide palmitique (saturé), prédominent dans la plupart des familles. L'auteur propose une théorie de la formation d'acides gras dans la graine à partir d'hydrocarbones, et signale un rapport entre la teneur des huiles de la graine en acides gras et le climat du lieu de provenance.

Les corps gras mis en réserve dans les différentes parties des animaux et dans les graines des plantes sont à peu près tous des glycérides, c'est-à-dire des esters de la glycérine ou glycérol contenant trois radicaux d'acides gras à longue chaîne:

$$\begin{array}{l} CH_2.O.CO.R' \\ | \\ CH.O.CO.R'' \\ | \\ CH_2.O.CO.R''' \end{array}$$

Les radicaux acides R', R'', R''' peuvent être identiques, mais le plus souvent ils sont différents. En règle générale, la répartition des acides gras dans un corps gras naturel est telle, qu'il semble bien que chaque acide tente de s'incorporer au plus grand nombre de molécules de glycérides possible. Ainsi, avant qu'un seul acide, par exemple l'acide palmitique ou oléique, ne forme environ les deux tiers ou plus de tous les acides présents dans une graisse, il est très rare de trouver une proportion substantielle de triglycérides simples formés d'un seul acide, tripalmitine ou trioléine. La quantité de glycérides contenant un radical acide donné atteint son maximum quand cet acide forme le tiers de la totalité des acides gras de la graisse; celle des glycérides contenant deux radicaux de ce même acide atteint son maximum lorsque l'acide en question forme les deux tiers des acides gras. Cependant, cette répartition des acides gras dans les molécules de glycérides n'étant pas absolument mathématique dans les produits naturels, le maximum peut très bien atteindre seulement 85–90% du corps gras; de même, un peu avant qu'un acide gras donné forme le tiers de la totalité des acides, des glycérides contenant deux groupes de cet acide commencent à se former; un peu avant qu'il ne forme les deux tiers de tous les acides les glycérides contenant trois groupes de cet acide commencent à apparaître. Au-delà de ces proportions, il persiste toujours de petites quantités de glycérides contenant seulement un groupe de cet acide, mais elles diminuent rapidement.

La distribution d'un acide gras dans les glycérides naturels est donc sélective, bien que l'on aboutisse souvent à des mélanges hétérogènes de glycérides. Ce n'est pas un assemblage au hasard des acides dans les glycérides: comme on l'a vu plus haut, chaque acide combat individuellement pour prendre place dans les molécules de triglycéride. Ce résultat se voit plus clairement dans les graisses peu nombreuses qui renferment seulement deux ou trois acides gras. Le beurre de cacao, par exemple, contient 25% d'acide palmitique, 35% d'acide stéarique et 40% d'acide oléique et renferme moins de 1% de glycérides trisaturés, les principaux composants étant 55% d'oléopalmitostéarine, 25% d'oléodistéarine et environ 20% de dioléine (palmitodioléine et stéarodioléine). De nombreuses graisses contiennent cinq, six sortes, ou plus, d'acides gras en proportions comparables, et bien que les mêmes principes généraux soient suivis, le résultat final est un mélange beaucoup plus hétérogène de glycérides complexes, dont les proportions tendent automatiquement vers celles déduites selon les règles de la probabilité lorsque le nombre des acides gras présents s'accroît.

La structure glycéridique d'un corps gras naturel, mis à part quelques exceptions, ne dépend donc que des proportions des acides variés qui le composent et est indépendante des espèces particulières d'acides gras qui peuvent s'y trouver. Les espèces et les proportions des acides gras diffèrent largement d'un corps gras naturel à un autre et il est très intéressant d'étudier les différents mélanges d'acides gras que l'on trouve dans les graisses animales et végétales. La détermination des proportions des différents acides gras d'un lipide est un processus assez lent, mais durant les trente dernières années, un très grand nombre de mélanges

d'acides gras présents dans une grande variété de glycérides animaux et végétaux ont été étudiés. Il n'est pas possible d'examiner ici les méthodes utilisées; elles ont déjà été décrites en détail [1]. Il suffira de mentionner que les mélanges souvent complexes d'acides gras sont d'abord résolus en mélanges plus simples, soit, comme autrefois, en utilisant les différences de solubilité de leurs sels de plomb ou de lithium dans les solvants organiques appropriés, soit par des méthodes récentes [2] et généralement plus efficaces de cristallisation des mélanges d'acides gras dans des solvants convenables, acétone ou éther, à des températures atteignant — 70° C. Chaque groupe d'acides, sous forme d'esters méthyliques, est alors distillé sous vide dans une grande colonne à fractionnement. On obtient ainsi une série de fractions d'éthers dont chacune est en général de caractère suffisamment simple pour être évaluée quantitativement. Des méthodes spectrophotométriques spéciales [3] ont été mises au point pour la détermination de certains acides di- et triéthéniques, en particulier les acides linoléique et linolénique des graisses végétales (voir plus loin).

Ce procédé fastidieux a été récompensé par les renseignements trouvés sur les acides des corps gras naturels, et de plus il a révélé que leur composition est très fortement liée au développement de l'espèce biologique et à la place de l'animal ou du végétal producteur dans l'échelle systématique [4]. Dans les formes les plus primitives de vie aquatique, les acides des corps gras sont des mélanges particulièrement complexes caractérisés par des proportions considérables d'acides polyéthéniques contenant 18, 20 et 22 atomes de carbone dans leur molécule. Dans les formes plus évoluées, animaux et végétaux terrestres, le mélange d'acides gras est habituellement beaucoup plus simple. Les acides palmitique, oléique et stéarique sont les composants principaux de la plupart des corps gras animaux. Dans les corps gras d'origine végétale, de même, l'ensemble des acides gras est en général simple; les principaux composants peuvent être ici limités à quelques acides comme les acides oléique, linoléique et palmitique; dans d'autres cas, un acide gras que l'on ne rencontre nulle part ailleurs dans la nature, se trouve en proportions considérables.

CORPS GRAS DE FRUITS DANS LESQUELS LES ACIDES OLÉIQUE, LINOLÉIQUE ET PALMITIQUE PRÉDOMINENT

Les acides les plus caractéristiques des fruits ou des graines sont:

Oléique (*cis-n*-octadécène-9-oïque)
$CH_3.[CH_2]_7.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$

Linoléique (*cis-cis-n*-octadécène-9, 12-dioïque)
$CH_3.[CH_2]_4.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$

Palmitique (*n*-hexadécanoïque) $CH_3.[CH_2]_{14}.CO_2H$

Ces trois acides se trouvent en proportions fort variables dans tous les corps gras des graines: on ne connaît pas de graines qui en soient démunies, bien que parfois leurs proportions y soient faibles. De nombreux corps gras contiennent de très grandes quantités des deux acides non saturés tandis que dans quelques autres, l'acide palmitique peut former un quart de la totalité des acides gras. Par une étude statistique des acides gras produits annuellement dans un groupe de 20 corps gras végétaux, à partir desquels on peut calculer avec un certain degré de précision la production mondiale et les compositions d'acides gras, Boekenoogen [5] concluait que, pour ce groupe, le pourcentage des acides oléique, linoléique et palmitique produits étaient respectivement de 34, 29 et 11. Mis à part l'acide laurique (7%), linolénique (6%), myristique, stéarique et érucique (chacun environ 3%), tous les autres acides de ces 20 corps gras de graines atteignaient seulement environ 4% des acides gras constitutifs.

Il est impossible de faire une estimation de la production de tout le règne végétal, mais il est évident que certains des 20 exemples utilisés par Boekenoogen contiennent moins d'acides linoléique et oléique que la plupart des corps gras des graines. Il est donc probable que les acides linoléique et oléique comptent ensemble pour environ 80% des graisses produites dans les fruits, avec un peu moins de 10% d'acide palmitique. Tous les autres acides gras naturels des graines, comprenant plus de 20 autres acides non saturés et plus de 10 autres acides saturés atteignent probablement 10% ou un peu moins des acides gras produits par les plantes dans leurs graines.

Dans de nombreuses familles végétales, les acides linoléique et oléique sont les principaux composants des glycérides des graines, tandis que les acides oléique et palmitique sont plus caractéristiques des corps gras parfois présents dans les enveloppes externes des graines.

Corps gras du péricarpe

Chez certains fruits peu nombreux, la partie externe ou la partie succulente du fruit, le péricarpe, contient des proportions considérables de corps gras, le plus connu étant celui de l'olivier (*Olea europea*) et du palmier (*Elaeis guineensis*). La composition de

ces corps gras de fruits a été étudiée en détail sur environ 20 espèces différentes et dans tous les cas, sauf un, les acides palmitique et oléique forment ensemble 75 à 90% de la totalité des acides gras, tandis que la proportion d'acide linoléique, le seul autre acide présent en quantité apréciable, dépasse rarement 20% et reste souvent au-dessous de 10%. La seule exception, connue depuis longtemps, est la cire de la myrtille contenant des glycérides de l'acide myristique (environ 60%) et palmitique (environ 35%).

La consistance des corps gras du péricarpe varie, depuis celle d'huiles liquides à la température ordinaire, telle l'huile d'olive, jusqu'à celle de pâtes solides, telle l'huile de palme, et celle de matériaux durs comme la cire qui ne fondent pas au-dessous de 50° (suif de *Stillingia* et de *Rhus*). Leur point de fusion ne doit cependant pas dépendre de la présence de différentes espèces d'acides gras, mais seulement des proportions différentes d'acides palmitique et oléique plus l'acide linoléique. Le tableau 1 donne quelques exemples.

Les compositions de ces corps gras du péricarpe n'ont pas de relations apparentes avec celles des graines correspondantes (endosperme, noyau). Ainsi, alors que l'huile de noyau d'olive est très proche de celle du péricarpe, les corps gras des graines de Lauracées contiennent de très grandes quantités d'acide laurique saturé ($C_{12}H_{24}O_2$); l'huile de noyau de palme contient aussi tout près de 50% d'acide laurique et des quantités non négligeables d'acides saturés inférieurs et supérieurs. De même le suif du péricarpe de *Stillingia* relativement très saturé, entoure une graine dont l'endosperme contient un corps gras liquide très peu saturé, formé non seulement des acides linoléique et oléique, mais aussi de l'acide triéthénique linolénique et d'un acide diène conjugué de la série des C_{10}.

TABLEAU I

Composition de différents corps gras du péricarpe

Espèce	*Pourcentage approximatif en poids*		
	Palmitique	*Oléique*	*Linoléique*
Olea europea (huile d'olive)	10	75–80	7–10
Laurus nobilis (huile de laurier)	20	63	14
Elaeis guineensis (huile de palme)	35–43	40–50	7–10
Stillingia sebifera (suif de Stil.)	66	30	—
Rhus sp. (suif végétal) ..	75	13	—

Familles où les acides linoléique et oléique sont prépondérants dans les corps gras des graines

C'est un groupe très vaste dans lequel nous trouvons de nombreux arbres et plants communs. Les proportions relatives des deux acides varient largement dans les différentes espèces d'une même famille et peuvent même varier dans une même espèce avec les conditions climatiques; mais les espèces d'acides gras présents dans les graines, sauf très rares exceptions, sont strictement spécifiques dans un groupe d'espèces voisines. Dans la majorité des corps gras des graines de ce groupe, le composant principal est l'acide linoléique dont la proportion dépasse celle de l'acide oléique; parfois, les deux acides se trouvent dans des proportions à peu près égales; dans certains cas très rares, l'acide oléique devient le composant essentiel. Dans tous ces corps gras, on trouve en proportions plus faibles (pas plus de 10 à 12%) de l'acide palmitique, accompagné en proportions encore plus faibles d'acides stéarique et myristique.

Une grande famille de plantes annuelles, la famille des *Composacées*, produit habituellement dans ses graines des corps gras où l'acide linoléique forme 60% ou plus de l'ensemble des acides: il en est ainsi par exemple dans le tournesol, les chardons, la chicorée, le séneçon et la carthame. Dans ce groupe, on peut ranger les familles de la vigne (*Vitacée*), le thé et le camélia (*Théacée*), le pavot (*Papavéracée*); le tabac, la jusquiame, la tomate (*Solanée*), le sésame (*Pédaliacée*), les *Scrofulariacées*, les *Dipsacées*, des familles de grands arbres ou arbrisseaux comme le sureau (*Caprifoliacées*), le chêne et le hêtre (*Fagacées*), le marronnier (*Hippocastanacées*) et le noisetier (*Bétulacées*). Dans les corps gras des graines de ces grands arbres, c'est le plus souvent l'acide oléique qui l'emporte sur l'acide linoléique, encore plus que dans les plantes annuelles.

Familles où l'acide palmitique est tout aussi important que les acides linoléique et oléique dans les corps gras des graines

Ce groupe important de familles ressemble qualitativement à la classe précédente, mais ici la proportion de l'acide palmitique est comparable à celle des deux acides non saturés, et peut atteindre 30% ou plus de l'ensemble des acides gras. Il en est ainsi dans les familles de la guimauve et du coton (*Malvacées*), du kapok (*Bombacées*), où dans

les corps gras des graines, l'acide palmitique atteint couramment 20–25% du total, avec environ 25 à 30% d'acide oléique et 35 à 50% d'acide linoléique. Les corps gras des graines de *Citrus* et des autres espèces de *Rutacées*, de la famille du café (*Rubiacées*), de la famille du myrobolan (*Combretacées*), et de la famille de la badiane de Chine et du Magnolia (*Magnoliacées*) sont du même type, bien qu'en général il y ait moins d'acide linoléique que dans le groupe de la guimauve. Dans d'autres familles, *Anonacées*, *Anacardiacées*, *Caricacées*, *Cucurbitacées*, *Graminées*, *Lecythidacées* (noix du Brésil), *Apocynacées* (*Strophantus*), *Tiliacées*, la proportion de l'acide palmitique est ordinairement plus faible, et intermédiaire entre celle du groupe de la guimauve et celle du groupe précédent.

Familles dont les corps gras des graines contiennent de très grandes quantités d'acides linoléique et oléique et aussi d'autres acides gras spécifiques de constitution différente

Outre ces nombreuses familles, chez lesquelles les acides gras dominants des graisses sont les acides linoléique, oléique et palmitique, il y en a quelques autres caractérisées par la présence d'autres acides gras spécifiques. Cependant la plupart de ces graisses contiennent aussi d'importantes proportions des deux acides qui se trouvent chez tous les végétaux: les acides oléique et linoléique.

Le plus grand groupe est celui dans lequel l'acide linolénique et, à l'occasion, d'autres acides tri- et même tétraéthéniques se trouvent dans les corps gras des graines; le plus souvent, les acides linoléique et oléique sont aussi présents en grandes quantités et parfois même en quantités très importantes. C'est ici que se range le groupe des huiles siccatives riches en acide linolénique que l'on trouve dans le lin (*Linacées*), la sauge (*Labiées*), le chanvre (*Moracées*), de nombreux conifères et dans quelques espèces de *Rosacées* et d'*Euphorbiacées*; dans d'autres espèces de ces deux dernières familles, on trouve (voir plus loin) de l'acide éléostéarique ou parinarique à la place de l'acide linolénique.

Chez les *Crucifères* et les *Ombellifères*, les corps gras des graines renferment respectivement l'acide monoéthénique érucique ou pétrosélinique en grandes quantités. Les Légumineuses sont en général caractérisées par la présence d'acides saturés contenant 20, 22 ou 24 atomes de carbone, mais toujours les teneurs en acides linoléique et oléique restent considérables.

GRAINES CONTENANT DES ACIDES TRI- (OU TÉTRA-) ÉTHÉNIQUES DE LA SÉRIE DES C_{18}

Les acides en question sont:

Linolénique (*cis-cis-cis-n*-octadécène-9,12,15-trioïque):
$CH_3.CH_2.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$

Eléostéarique (*cis-cis-cis-n*-octadécène-9,11,13-trioïque):
$CH_3.[CH_2]_3.CH{=}CH.CH{=}CH.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$

Licanique (4-céto-*cis-cis-cis-n*-octadécène-9,11,13-trioïque):
$CH_3.[CH_2]_3.CH{=}CH.CH{=}CH.CH{=}CH.[CH_2]_4.CO.[CH_2]_2.CO_2H$

Parinarique (*cis-cis-cis-cis-n*-octadécène-9,11,13,15-tétraoïque):
$CH_3.CH_2.CH{=}CH.CH{=}CH.CH{=}CH.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$

L'acide linolénique est le plus abondant, mais il se trouve moins répandu que l'acide linoléique. Dans les graines de quelques espèces de pins, de chanvre, de noyer, et d'autres plantes, notamment de crucifères, il peut former 20 à 30% de la totalité des acides gras. Il est surtout très abondant dans l'huile de lin (*Linacée*) chez quelques *Labiées* comme *Ocimum*, *Perilla* ou *Salvia*; chez *Tetracarpidium* (*Euphorbiacée*) il forme environ 67% des acides gras.

Les *Rosacées* et les *Euphorbiacées* sont un peu différentes des autres familles; en effet un genre particulier ou même une espèce peut produire en quantités importantes l'un ou l'autre de ces acides polyéthéniques; nous allons les étudier avec plus de détail.

Corps gras des graines de Rosacées

Les graines de quelques espèces courantes en Angleterre, telles les nombreux *Prunus*, contiennent seulement les acides linoléique et oléique comme acides non-saturés. L'acide linolénique apparaît, en petites proportions, dans les graines de mûres sauvages; dans l'aubépine et le coing (*Cydonia*) il peut atteindre plus de 30% du total des acides gras. Les corps gras de deux genres tropicaux sont tout à fait particuliers, il s'agit des genres *Parinarum* et *Licania*. Ceux de *P. macrophyllum* et d'un petit nombre d'autres espèces contiennent 30–40% d'acide éléostéarique conjugué, en plus des acides linoléique et oléique, tandis que d'autres (en particulier *P. sherbroense*) contiennent à la fois les acides éléostéarique et licanique. Seuls les corps gras de *P. laurinum* contiennent 50% d'acide parinarique tetraéthénique, associé à de petites quantités d'acide éléostéarique. Quelques espèces de *Licania*, en particulier *L. rigida* (*oiticica*) sont très spéciales: leurs graines contiennent de très grandes proportions d'acide cétoéléostéarique (licanique), c'est le seul acide cétonique connu dans une graisse naturelle.

Corps gras des graines d'Euphorbiacées

Les graines des Euphorbes présentent une grande variété de corps gras. Quelques genres (*Chrozophora*, *Jatropha*, *Joannesia*) n'élaborent dans leurs graines que les acides linoléique et oléique et un peu d'acide saturé, mais la plupart des membres de la famille produit aussi soit de l'acide linolénique, soit quelque autre acide non-saturé. Ainsi les corps gras de l'*Hévéa*, de Stillingia (*Sapium*), d'*Aleurites moluccana*, syn. *triloba*, et de quelques espèces d'*Euphorbia* renferment 20 à 30% d'acide linolénique; la proportion de celui-ci atteint 65% ou plus dans les corps gras des graines de *E. calycina* et de *Tetracarpidium conophorum*.

Le genre *Aleurites* est très remarquable, car les graines de plusieurs espèces, autres que *A. moluccana*, produisent des corps gras dans lesquels l'acide éléostéarique conjugué forme environ 80% des acides gras à la place de l'acide linolénique; les graines de *A. fordii* et de *A. montana* produisent l'huile de bois de Chine. L'acide éléostéarique entre en grandes proportions dans les corps gras des graines de *Garcia nutans* et de *Ricinodendron*. Bien que les acides linoléique et oléique soient ordinairement présents dans les graines qui contiennent l'acide éléostéarique, on pense [6] que cet acide ne se trouve jamais en même temps que l'acide linolénique dans une même graine.

Enfin, dans un genre (*Ricinus*) de cette famille, un hydroxyacide non-saturé (acide ricinoléique de l'huile de ricin) forme plus de 90% des acides gras des graines. Cet acide n'a jusqu'ici été signalé dans aucun autre genre, sauf chez *Cephalocroton* (une autre *Euphorbiacée*) [7]; c'est un acide 12-hydroxy-oléique, $CH_3.[CH_2]_5.CH(OH).CH_2.CH=CH.[CH_2]_7.CO_2H$.

CORPS GRAS DE GRAINES CONTENANT DES ACIDES MONOÉTHÉNIQUES ANALOGUES À L'ACIDE OLÉIQUE

Les acides polyéthéniques à longue chaîne de la série des C_{18} présentent un fait structural commun avec l'acide oléique: la double liaison se trouve entre les 9e et 10e atomes de carbone à partir du groupe carboxyl; le groupe:

$$=CH.[CH_2]_7.CO_2H$$

est commun à tous. Etant donné que ces acides constituent, avec l'acide oléique, probablement plus de 90% des acides non-saturés produits dans les graines, cette similitude de structure est tout à fait remarquable; elle doit être sûrement liée avec les processus chimiques de synthèse de ces acides dans la plante à partir des hydrates de carbone.

Il y a d'ailleurs un certain nombre d'autres acides gras qui ont des ressemblances structurales avec l'acide oléique: présence du groupe déjà mentionné, ou bien présence de l'autre moitié de la molécule d'acide oléique:

$$CH_3.[CH_2]_7.CH=$$

Ce sont (sauf le cinquième) les acides suivants:

Myristoléique (*cis-n*-tétradécène-9-oïque)
$$CH_3.[CH_2]_3.CH=CH.[CH_2]_7.CO_2H$$

Palmitoléique (*cis-n*-hexadécène-9-oïque)
$$CH_3.[CH_2]_5.CH=CH.[CH_2]_7.CO_2H$$

cis-n-Eicosène-11-oïque
$$CH_3.[CH_2]_7.CH=CH.[CH_2]_9.CO_2H$$

Erucique (*cis-n*-docosène-13-oïque)
$$CH_3.[CH_2]_7.CH=CH.[CH_2]_{11}.CO_2H$$

Docosène-13,16-dioïque
$$CH_3.[CH_2]_4.CH=CH.CH_2.CH=CH.[CH_2]_{11}.CO_2H$$

Ximénique (hexacosène-17-oïque)
$$CH_3.[CH_2]_7.CH=CH.[CH_2]_{15}.CO_2H$$

Luméquique (tricosène-21-oïque)
$$CH_3.[CH_2]_7.CH=CH.[CH_2]_{19}.CO_2H$$

Les acides d'un plus grand nombre de carbones que l'acide hexadécénoïque sont seulement connus jusqu'à ce jour dans deux familles; les acides en C_{20} et C_{22} ne se trouvent que dans quelques rares espèces, une seule espèce possède des acides en C_{26} et C_{30}.

L'acide hexadécène-9-oïque, est probablement aussi largement répandu que l'acide oléique lui-même [8], mais dans les graines de végétaux terrestres (une seule exception connue), il n'apparaît qu'en très faibles proportions, de l'ordre de 0,5% au grand maximum. Les corps gras de tous les organismes aquatiques, végétaux et animaux, en contiennent généralement de plus grandes quantités (10–15%), de même que les animaux amphibies ou terrestres qui cependant en possèdent moins. Dans les réserves adipeuses des animaux terrestres, il ne forme qu'environ 3% de l'ensemble des acides gras; dans les graines de plantes terrestres, comme on l'a déjà vu, il est presque à l'état de traces. Jusqu'à présent la seule exception connue, est un arbuste australien *Macadamia ternifolia* appartenant aux *Protacées* [9]: le corps gras de sa graine contient 20% d'acide hexadécène-9-oïque en plus des 60% d'acide oléique et de petites quantités d'acides saturés (principalement palmitique).

L'acide tétradécène-9-oïque ou myristoléique se rencontre aussi en très petites quantités dans plusieurs corps gras d'origine aquatique et d'animaux terrestres, mais, sauf dans un seul cas, on ne

l'a pas trouvé dans les plantes terrestres. C'est chez *Pycnanthus kombo* qu'on le rencontre, une *Myristicacée*; le corps gras de sa graine contient près de 30% d'acide tétradécène-9-oïque, le reste étant surtout de l'acide myristique [10].

Trois acides de la liste ci-dessus sont caractéristiques des corps gras de toutes les graines de *Crucifères*, principalement l'acide érucique qui forme près de 50% des acides gras des graines de Moutarde, de colza et d'autres variétés de *Brassica* et une proportion presque aussi grande des corps gras des graines de la même famille qui ont été examinées (*Cheiranthus*, *Eruca*, *Isatis*, etc.). Les acides éicosène-11-oïque et docosènedioïque accompagnent l'acide érucique en beaucoup plus petites quantités (5 à 8% du total); les autres acides sont principalement l'acide linoléique, avec de petites quantités d'acides oléique et linolénique et des quantités encore plus faibles d'acide palmitique. La présence de l'acide éicosène-11-oïque dans les graines de *Crucifères* n'avait pas été décelée avant 1946, lorsque Hopkins [11] le trouva dans les graines de moutarde «oreille de lièvre» (*Conringia orientalis*). Peu de temps après, mes collègues le décelèrent [12] dans les huiles de colza et de moutarde; ils montrèrent aussi que de petites quantités d'acide docosène-13,16-dioïque accompagnent toujours l'acide érucique dans ces huiles. Ils montrèrent que l'acide diène C_{22} et l'acide érucique ont entre eux la même relation structurale que celle qui existe entre les acides linoléique et oléique.

Environ 10 ans plus tôt [13], on avait remarqué que les acides éicosène-11-oïque et érucique constituaient les principaux acides gras de la portion lipidique des graines d'un arbuste *Simmondsia californica*, de la famille des *Buxacées*. Ce matériel est d'ailleurs tout à fait spécial: c'est une cire et non une graisse, car tous les acides sont combinés non pas avec le glycérol mais avec un mélange d'alcools monoéthéniques à longue chaîne, l'éicosène-11-énol et le docosène-13-énol.

L'acide érucique est aussi le principal constituant des glycérides de graines de *Tropéolacées*; la graisse des graines de capucines contient plus de 80% d'acide érucique et par conséquent un peu plus de 40% de triérucine [14].

Les deux autres acides de ce groupe, les acides luméquique et ximénique n'ont jusqu'ici été détectés que dans les graines d'une seule espèce *Ximenia americana* de la famille des *Olacacées* [15]. Ils appartiennent structuralement au même groupe que l'acide érucique, ils ont donc la formule générale $CH_3.[CH_2]_7.CH{=}CH.[CH_2]_n.CO_2H$.

CORPS GRAS DE GRAINES CONTENANT DES ACIDES DU GROUPE $=CH.[CH_2]_4.CO_2H$

Un groupe d'acides gras naturels non-saturés possède une double liaison en 6e position et non en 9e position comme dans les acides oléique, linoléique et autres acides communs:

Pétrosélinique (*cis-n*-octadécène-6-oïque)

$$CH_3.[CH_2]_{10}.CH{=}CH.[CH_2]_4.CO_2H$$

n-Octadécène-6,9,12-trioïque

$$CH_3.[CH_2]_4.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_4.CO_2H$$

Taririque (*n*-octadécène-6-éthinique)

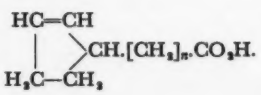
$$CH_3.[CH_2]_{10}.C{\equiv}C.[CH_2]_4.CO_2H$$

Seul parmi ceux-ci, l'acide pétrosélinique est très répandu. Il se trouve en quantités importantes mais variables dans les corps gras des graines d'*Ombellifères*. Il est surtout abondant (75% de la totalité des acides) dans les graines de Persil, dans lesquelles on le découvrit d'abord. Il est d'ailleurs presque exclusivement limité aux graines d'*Ombellifères* et à celles de la famille voisine du Lierre; ailleurs on ne l'a trouvé que dans une ou deux espèces tropicales rares de *Simarubacées*. Cependant, les graines de quelques espèces du genre *Picramnia* de cette même famille, contiennent de grandes proportions d'un analogue acétylénique de l'acide pétrosélinique, l'acide taririque. Les dérivés acétyléniques sont très rares dans les produits naturels, on ne connaît aujourd'hui qu'un seul autre cas dans les corps gras naturels (voir plus loin).

L'acide octadécène-6,9-dioïque (correspondant à l'acide linoléique) n'a pas encore été découvert dans les corps gras des graines; mais dans les graines d'une seule espèce, l'onagre (*Oenothera biennis*), on trouve à la place de l'acide linolénique habituel, un acide triène analogue et isomère, avec les doubles liaisons en position —6,9,12— au lieu de —9,12,15 [16].

CORPS GRAS DE GRAINES CONTENANT DES ACIDES GRAS CYCLIQUES (CYCLOPENTÉNIQUES)

Quelques espèces de *Flacourtiacées*, principalement celles du genre *Hydnocarpus*, produisent des corps gras utilisés en thérapeutique, contre la lèpre et autres affections cutanées, à cause des acides cycliques non-saturés à radical cyclopentène qu'ils contiennent.



Les autres espèces de cette famille ne contiennent pas ces acides cycliques; elles forment les habituels acides non-saturés oléique, linoléique et linolénique; toutes les graines de *Flacourtiacées* contiennent, comme cela se produit si souvent, de petites quantités d'acide palmitique, saturé.

Les acides cycliques produits dans les graines sont les acides hydnocarpique ($C_{16}H_{28}O_2$) et chaulmoogrique ($C_{18}H_{32}O_2$) qui forment à eux deux 65 à 80% des acides gras de la graine; l'acide gorlique ($C_{18}H_{30}O_2$) qui possède une double liaison en position 6,7 de la chaîne aliphatique, comme dans l'acide pétrosélinique, accompagne ordinairement l'acide chaulmoogrique, mais en beaucoup plus faibles proportions. Ces corps gras contiennent aussi de petites quantités d'acides oléique et palmitique et des traces d'homologues inférieurs pairs de l'acide hydnocarpique jusqu'à l'acide simple *cyclo*-pentène-2-carbonique $C_5H_7.CO_2H$ [17].

Les principaux acides de ce groupe sont:

Hydnocarpique $C_{16}H_{28}O_2$ 11-*cyclo*-pentène-2-*n*-undécyloïque

Chaulmoogrique $C_{18}H_{32}O_2$ 13-*cyclo*-pentène-2-*n*-tridécyloïque

Gorlique $C_{18}H_{30}O_2$ 13-*cyclo*-pentène-2-*n*-tridécyl-6-oïque

QUELQUES ACIDES GRAS NON-SATURÉS DES GRAINES

On a trouvé quelques espèces contenant des acides non-saturés tout à fait exceptionnels, ce sont en général des espèces tropicales et il est fort probable qu'il en existe d'autres qui restent à découvrir.

C'est le cas des acides des séries en C_{10}, C_{12} et C_{14} que l'on rencontre [18] dans quelques espèces de *Lindera* et *Litsea* (*Lauracées*) et qui ont la formule générale des acides déca-, dodéca-, tétradéca-4-oïque $CH_3.[CH_2]_n.CH{=}CH.[CH_2]_2.CO_2H$. Les huiles provenant des graines de *Sapium* sp. (*Euphorbiacée*) sont très spéciales, elles contiennent en plus des acides linoléique, linolénique et oléique habituels environ 5% de l'acide conjugué déca-2,4-dioïque, $CH_3.[CH_2]_4.CH{=}CH.CH{=}CH.CO_2H$ où le système conjugué est adjacent au groupe carboxyle [19].

Un autre acide remarquable appartenant cette fois à la série des C_{18} se trouve dans les graines d'*Onguekoa gore* Engler (*Olacacées*). Il possède un groupe vinyl terminal et deux radicaux acétyléniques avec la triple liaison en 9e position (seule structure normale de cet acide anormal); sa structure est mal connue, elle peut être: $CH_2{=}CH.[CH_2]_4.C{\equiv}C.C{\equiv}C.[CH_2]_7.CO_2H$ [20].

GRAINES CONTENANT DE GRANDES PROPORTIONS D'ACIDES GRAS SATURÉS

Nous savons que l'acide palmitique est toujours présent dans les corps gras des graines. D'autres membres de la série aliphatique saturée normale, possédant un nombre pair d'atomes de carbone dans la molécule, sont spécifiques de différentes familles. Nous avons par exemple l'acide *n*-octanoïque, *n*-décanoïque (caprique), laurique ($C_{12}H_{24}O_2$), myristique ($C_{14}H_{28}O_2$), stéarique ($C_{18}H_{36}O_2$), arachique ($C_{20}H_{40}O_2$), béhénique ($C_{22}H_{44}O_2$), et lignocérique ($C_{24}H_{48}O_2$). Il existe une différence fondamentale entre la présence de tels acides saturés et celle des acides non-saturés que nous avons déjà examinée. En effet les radicaux non-saturés dans une graine sont toujours, ou presque, limités aux acides possédant le même nombre d'atomes de carbone, tandis qu'un acide saturé quelconque présent en grandes proportions est toujours accompagné de proportions plus faibles d'acides ayant deux atomes de carbone en plus ou en moins que lui. Ainsi, quand, dans une graine de la famille de la guimauve et du coton, l'acide palmitique devient un composant essentiel, des quantités plus faibles d'acides myristique et stéarique apparaissent toujours. Et même, ce qui est fréquent, lorsque l'acide palmitique ne forme que 10% ou moins de l'ensemble des acides, il est accompagné d'une petite quantité d'acide stéarique et souvent même d'acide myristique.

L'acide stéarique est relativement rare comme composant essentiel des corps gras des graines: cela ne se produit que dans quelques familles tropicales (*Guttifères*, *Diptérocarpacées*, *Sterculiacées*, *Sapotacées*). Le beurre de cacao (*Theobroma cacao*) est un cas très connu: ses acides gras comprennent 35% d'acide stéarique et 24% de palmitique. Dans quelques autres corps gras, par exemple ceux d'*Allanblackia* et *Garcinia* sp. (*Guttifères*) l'acide stéarique forme plus de 50% de la totalité des acides, avec 3 à 5% d'acide palmitique et des traces d'acide arachique. La proportion d'acide stéarique varie largement dans les corps gras des graines de ces familles, mais elle tombe rarement au-dessous de 20 à 25%.

Les trois acides saturés, d'un contenu plus élevé en carbone que l'acide stéarique, qui se rencontrent dans la nature (arachique, béhénique et lignocérique) sont toujours présents en mélange dans les graines de Légumineuses, mais leur total n'excède pas 6 à 15%. La présence de ce mélange d'acides est néanmoins tout à fait caractéristique des graines de la famille du pois. Dans quelques cas, l'un ou l'autre de ces acides atteint des proportions

plus importantes, par exemple il existe 25% d'acide lignocérique dans les corps gras des graines d'*Adenanthera*. L'acide arachique est aussi le principal acide saturé des graines de *Sapindacées*, dans lesquelles il forme 20 à 30% des acides gras. Dans d'autres graines, telles celles de *Pentaclethra* sp. (*Légumineuses*) ou de *Lophira* sp. (*Ochnacées*) l'acide béhénique atteint 15–20% des acides gras totaux. La présence de l'un ou l'autre de ces acides est sporadique, rare et limitée aux graines des familles mentionnées.

La distribution des acides saturés moins riches en carbone que l'acide palmitique est aussi extrêmement spécifique dans le règne végétal. L'acide myristique est le principal constituant de tous les corps gras de *Myristicacées* étudiées jusqu'à ce jour, y compris celui de la noix muscade où il représente 70% de la totalité des acides. Les acides myristique et laurique contribuent plus ou moins également à former environ 75–85% des acides gras de graines de quelques familles, en particulier chez *Salvadora* (*Salvadoracées*), *Erisma* (*Vochysiacées*) et *Irvingia* (*Simarubacées*).

L'acide laurique est caractéristique des graines de *Lauracées*, chez plusieurs d'entre elles il forme 90% ou plus de l'ensemble des acides (*Litsea*, *Cinnamomum*, *Actinodaphne*), il est d'ailleurs accompagné de quantités beaucoup plus faibles d'acides décanoïque et myristique. Chez les Palmiers, on trouve une remarquable régularité dans la distribution quantitative des différents acides gras dans cette famille si largement répandue et aux fruits si divers: l'ensemble des acides gras comprend invariablement 45–50% d'acide laurique et 15–20% d'acide myristique, accompagnés de 3–7% d'acides décanoïque et octanoïque d'une part et d'acides palmitique et stéarique d'autre part. Par la constance et la complexité du mélange des acides gras présents, les corps gras des graines de la famille des Palmiers constituent un exemple très net de la spécificité de la composition des acides gras dans une seule famille botanique.

SYNTHÈSE DES ACIDES GRAS À PARTIR DE PRÉCURSEURS HYDROCARBONÉS DANS LES GRAINES

Depuis bien longtemps déjà, on sait que les corps gras des végétaux sont élaborés à partir de substances hydrocarbonées (probablement des hexoses), mais l'on n'a pas encore pu montrer expérimentalement comment cette synthèse est faite. L'étude du développement des corps gras dans quelques-unes des plus grosses graines pourrait éclaircir ce problème; de telles études sont possibles et pourraient être entreprises avec avantage; mais actuellement, nous sommes réduits à ne donner que des explications sur les mécanismes supposés de la synthèse.

Alors que le glycérol des graisses dérive clairement des acides triosephosphoriques provenant des hexoses après attaque enzymatique, on pense que les acides gras (qui sont probablement synthétisés sous cette forme et ensuite combinés au glycérol) sont d'origines diverses: ils peuvent dériver d'un hexose après transformation en radicaux en C_2 (comme l'acétaldéhyde) ou en C_3 (acide pyruvique), ou bien même ils peuvent provenir de la combinaison directe de groupements hexoses ou pentoses; dans tous ces cas, naturellement, le remplacement des radicaux hydroxyles des sucres par de l'hydrogène et les autres transformations doivent se faire en même temps.

Magnus-Levy [21] et Leathes [22] pensent que les radicaux en C_2 dérivés des hexoses, peuvent subir une série de condensations aldoliques et donnent des produits intermédiaires qui, par oxydation et réduction simultanées, pourraient conduire à la série des acides gras naturels saturés à chaîne droite qui contiennent toujours un nombre pair d'atomes de carbone dans leur molécule. Une hypothèse de cette nature rend très bien compte de la biosynthèse des acides saturés, quant au contenu toujours pair des atomes de carbone et à la présence quasi générale de plus d'un homologue pair parmi les acides gras des graines. Un processus de synthèse à partir de radicaux en C_2 peut en effet donner un maximum de molécules d'acides d'un contenu de carbone préférentiel déterminé par l'espèce, mais une certaine quantité de l'homologue pair supérieur et d'homologues inférieurs ayant un ou même plusieurs radicaux C_2 en moins se rencontrent régulièrement.

Mais nous avons vu que les acides saturés ne sont qu'une faible part des acides gras des graines et que les acides non-saturés de la série des C_{18} sont de beaucoup les plus largement répandus dans la nature. Si tous les acides gras primaires étaient saturés (comme le suggère l'hypothèse précédente), cela nécessiterait un processus de désaturation très sélectif et très profond pour rendre compte de la production prépondérante des acides oléique, linoléique, linolénique et autres acides non-saturés des graines. C'est en général, une suite peu probable d'opérations, car il semble que dans certains cas cette hypothèse soit définitivement écartée par l'observation maintenant bien contrôlée du fait que les graines de nombreuses plantes produisent des graisses à plus haute teneur de leurs acides les

moins saturés, quand elles croissent en climats plus froids. En d'autres termes, suivant l'hypothèse de désaturation, nous devons avoir une désaturation plus intensive aux basses températures. Nous sommes donc amenés à conclure que les processus de synthèse des acides saturés et des acides non-saturés sont entièrement différents et cette différence est suffisamment importante pour justifier quelques considérations supplémentaires. Ivanow [23] a noté le premier que la graine de lin contient une huile de caractère d'autant moins saturé qu'elle est produite dans un climat plus froid. Ce fait fut observé ensuite dans plusieurs autres espèces annuelles. Nous allons voir les principales études faites sur le lin et le tournesol. Le tableau II montre les variations extrêmes observées par Painter et Nesbitt [24] dans une série d'observations portant sur deux variétés de lin cultivées dans un grand nombre de localités d'Amérique du Nord. Le tableau III fournit des données similaires pour des tournesols cultivés en différentes régions d'Afrique et aussi pour des tournesols importés d'Afrique en Angleterre [25]. Le tableau IV donne la composition d'huiles de tournesol de la variété «Sunrise» [26] récoltées sous différentes latitudes d'Australie.

TABLEAU II

Huiles de lin récoltées dans le Minnesota, U.S.A. et le Saskatchewan, Canada

Variété	*Bison*	*Bison*	*Redwing*	*Redwing*
Localité	*Minnesota*	*Saskatchewan*	*Minnesota*	*Saskatchewan*
% d'acides				
Saturés	11	9	10	8
Oléique..	31	22	23	17
Linoléique	18	15	15	18
Linolénique	40	54	52	57

TABLEAU III

Huiles de tournesol récoltées en Afrique et en Angleterre

Provenance de la semence	*% d'acides des huiles tirées des graines*					
	Cultivées en Afrique			*Cultivées en Angleterre*		
	Saturés	*Oléique*	*Linoléique*	*Saturés*	*Oléique*	*Linoléique*
Rhodésie du Sud ..	14	14	72	9	20	71
Tanganyika .. .. (Province Sud)	14	21	65	9	22	69
Nigéria (Zaria)	12	30	58	11	15	74
Tanganyika .. .. (Kongwa)	12	31	57	11	24	65
Tanganyika .. .. (Province des Lacs)	13	43	44	9	21	70

TABLEAU IV

Huiles de tournesol (variété «Sunrise») récoltées en Australie

Etats	*Territ. du Nord*		*Queensland*		*Nouv. Galles du Sud*	*Victoria*
Latitude	14½° *S.*		26½ *S.*	27½° *S.*	32° *S.*	36° *S.*
% d'acides						
Saturés	15	13	13	15	15	16
Oléique	54	51	37	30	27	19
Linoléique	31	36	50	55	58	65

Ces observations et de nombreuses autres semblables suggèrent fortement que la formation des acides non-saturés résulte d'une suite étroitement enchaînée d'opérations que l'on peut schématiser ainsi:

Précurseurs hydrocarbonés des acides gras

Linolénique ↓
$CH_3.CH_2.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$
↓
Linoléique .. $CH_3.[CH_2]_4.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$
↓
Oléique .. .. .. $CH_3.[CH_2]_7.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$

Selon cette hypothèse, on doit s'attendre à ce que la formation des acides comportant moins de doubles liaisons à partir d'acides en présentant davantage, soit moins importante à basse température. En tous cas les faits observés établissent définitivement l'existence de deux processus de synthèse entièrement distincts, d'une part pour les acides non-saturés prédominants et caractéristiques, et d'autre part pour les acides saturés. La constance approximative de la teneur en acides saturés des huiles de graines dans lesquelles les

proportions d'acides non-saturés peuvent varier énormément, est tout à fait remarquable, et constitue en elle-même une preuve de la différence essentielle entre les deux processus de synthèse.

L'apparition périodique du groupe C_3 (=CH. CH_2.CH=) et de tronçons de chaînes saturées contenant 6 ou 9 atomes de carbone, dans les acides gras nonsaturés des graines, suggère la possibilité, pour ces derniers, d'une formation à partir non pas de groupes C_2, mais C_6 [27] ou C_3 [28]. Ceci, cependant, reste quelque peu spéculatif. La biosynthèse des corps gras reste en effet un champ mystérieux et inexploré. Nous reconnaissons obscurément à l'heure actuelle que les acides non saturés en C_{18} prédominants résultent d'un processus différent de celui dont dérivent les acides saturés moins abondants. Mais nous sommes encore bien loin de savoir comment apparaissent occasionnellement, des acides gras non-saturés tout à fait exceptionnels à la place des acides linoléique ou linolénique, ces acides comportant comme ces derniers 18 atomes de carbone ou un nombre différent. Il est encore plus intéressant de connaître la raison beaucoup moins étudiée pour laquelle les espèces morphologiquement voisines, produisent qualitativement les mêmes mélanges d'acides gras dans leurs graines.

RÉFÉRENCES

[1] HILDITCH, T. P. «The Chemical Constitution of Natural Fats» (2ème édition), Chapitre XI. Chapman and Hall Limited, Londres. 1947.

[2] BROWN, J. B. et STONER, G. G. *J. Amer. chem. Soc.*, **59**, 3, 1937.
BROWN, J. B. et SHINOWARA, G. Y. *Ibid.*, **59**, 6, 1937; **60**, 2734, 1938.
BROWN, J. B. et FRANKEL, J. *Ibid.*, **63**, 1483, 1941.
BROWN, J. B. *Chem. Rev.*, **29**, 333, 1941.
HILDITCH, T. P. et RILEY, J. P. *J. Soc. Chem. Ind.*, **64**, 204, 1945; **65**, 74, 1946.
GUNSTONE, F. D. et HILDITCH, T. P. *Ibid.*, **65**, 8, 1946.
HILDITCH, T. P. et PATHAK, S. P. *Ibid.*, **66**, 421, 1947.

[3] HILDITCH, T. P., MORTON, R. A. et RILEY, J. P. *Analyst*, **70**, 68, 1945.
HILDITCH, T. P., PATEL, C. B. et RILEY, J. P. *Ibid.*, **76**, 81, 1951.

[4] HILDITCH, T. P. et LOVERN, J. A. *Nature*, **137**, 478, 1936.

[5] BOEKENOOGEN, H. A. *Oliën en Vett.*, **26**, 143, 1941.

[6] HILDITCH, T. P. et RILEY, J. P. *J. Soc. Chem. Ind.*, **65**, 74, 1946.

[7] HENRY, A. J. et GRINDLEY, D. N. *Ibid.*, **62**, 60, 1943.

[8] LONGENECKER, H. E. *Ibid.*, **56**, 199T, 1937.
HILDITCH, T. P. et JASPERSON, H. *Ibid.*, **57**, 84, 1938; **58**, 187, 1939.
HILDITCH, T. P. *Rec. Trav. chim. Pays-Bas.* **57**, 503, 1938.

[9] BRIDGE, R. E. et HILDITCH, T. P. *J. chem. Soc.*, 2396, 1950.

[10] ATHERTON, D. et MEARA, M. L. *J. Soc. Chem. Ind.*, **58**, 353, 1939.

[11] HOPKINS, C. Y. *Canad. J. Res.*, **24**, *B*, 211, 1946.

[12] HILDITCH, T. P., LAURENT, P. A. et MEARA, M. L. *J. Soc. Chem. Ind.*, **66**, 19, 1947.
BALIGA, M. N. et HILDITCH, T. P. *J. chem. Soc.*, 591, 1949.

[13] MCKINNEY, R. S. et JAMIESON, G. S. *Oil and Soap*, **13**, 289, 1936.
GREEN, T. G., HILDITCH, T. P. et STAINSBY, W. J. *J. chem. Soc.*, 1750, 1936.

[14] HILDITCH, T. P. et MEARA, M. L. *Ibid.*, 1608, 1938.

[15] BOEKENOOGEN, H. A. *Fette und Seif.*, **46**, 717, 1939.

[16] EIBNER, A., WIDENMAYER, L. et SCHILD, E. *Chem. Umschau, Fette*, **34**, 312, 1927.
RILEY, J. P. *J. chem. Soc.*, 2728, 1949.

[17] COLE, H. I. et CARDOSO, H. T. *J. Amer. chem. Soc.*, **61**, 2349, 1939.

[18] TSUJIMOTO, M. *Chem. Umschau, Fette*, **32**, 202, 1925.
TOYAMA, Y. *J. Soc. Chem. Ind., Japan*, **40**, 285B, 1937.

[19] CROSSLEY, A. et HILDITCH, T. P. *J. chem. Soc.*, 3353, 1949.

[20] CASTILLE, A. *Liebigs Ann.*, **543**, 104, 1939.

[21] MAGNUS-LEVY, A. *Publ.* Berliner physiologischen Gesellschaft, No. 5, 1901–2.

[22] LEATHES, J. B. «Problems of Animal Metabolism», John Murray, Londres. 1906.

[23] IVANOW, S. *Ber. dtsch. bot. Ges.*, **44**, 31, 1926.

[24] PAINTER, E. P. et NESBITT, L. L. *Oil and Soap*, **20**, 208, 1943.

[25] BARKER, C., CROSSLEY, A. et HILDITCH, T. P. *J. Soc. Chem. Ind.*, **69**, 116, 1950.
BARKER, C. et HILDITCH, T. P. *J. Sci. Fd Agric.*, **1**, 118, 140, 1950.

[26] BRIDGE, R. E., CROSSLEY, A. et HILDITCH, T. P. *Ibid.*, **2**, 472, 1951.

[27] FISCHER, EMIL. *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **23**, 2114, 1890.

[28] SMEDLEY, I. et LUBRZYNSKA, E. *Biochem. J.*, **7**, 375, 1913.

BIBLIOGRAPHIE

BOEKENOOGEN, H. A. «De Scheikunde der Oliën en Vetten». A. Oosthoek, Utrecht. 1948.

HILDITCH, T. P. «The Chemical Constitution of Natural Fats» (2ème édition). Chapman and Hall Limited, Londres. 1947.

Un enlumineur naturaliste du XIVe siècle: Cybo d'Hyères

A. C. CROMBIE

On sait peu de chose de Cybo d'Hyères, moine génois à qui sont attribuées les illustrations zoologiques reproduites ici. Exécutés à des fins surtout décoratives, ces dessins constituent néanmoins un témoignage précieux sur les connaissances de l'époque en Botanique et en Zoologie.

La biologie est la seule science qui ait de tous temps inspiré l'art pictural. Tout laisse croire que des dessins anatomiques ont illustré à l'origine les ouvrages d'Aristote et il existe encore à Vienne un texte manuscrit très amplifié de Dioscoride datant de l'année 512 apr. J.-C. et contenant une superbe collection de dessins représentant des plantes. Celui qui a copié ces dessins, apparemment un artiste byzantin, a sans doute pris ses modèles dans des manuscrits antérieurs remontant peut-être à Cratevas, médecin de Mithridate (IIe siècle av. J.-C.) [1]. Avec la Renaissance scientifique, dès le début du XIIe siècle, le dessin naturaliste reprend faveur. Au nombre des exemples qui existent en Grande-Bretagne de ce renouveau de l'observation précise et désintéressée de la nature, se distinguent les dessins zoologiques qui ornent trois fragments d'un ouvrage de la fin du XIVe siècle, de provenance italienne et attribué à un personnage assez vague: Cybo d'Hyères. Le British Museum acquit ces fragments (MSS *Additional* 27695 et 28841, et *Egerton* 3127) en 1867, 1871 et 1934, respectivement.

Jusqu'au XIIIe siècle, la chrétienté occidentale s'intéressa aux plantes surtout à cause de leurs vertus médicinales, et aux animaux pour leur valeur symbolique dans l'enseignement moral et religieux. Aux yeux de Saint Augustin notamment, dont les écrits contribuèrent le plus à façonner la pensée latine avant le XIIIe siècle, la nature est un sacrement, signe extérieur et visible de vérités surnaturelles: la Lune, c'est l'Eglise qui réfléchit la lumière divine, le vent symbolise le Saint-Esprit; le nombre onze, qui «transgresse» dix — les dix commandements —, évoque le péché, et le saphir, l'extase mystique. Cette tendance au symbolisme se trouvait renforcée par les allégories zoologiques du *Physiologus*, ouvrage grec de la période alexandrine, écrit au IIe siècle apr. J.-C., dont les récits animaliers servent à expliquer la doctrine chrétienne: le phénix, c'est le Christ ressucité; le fourmi-lion, participant à la fois de la nature de la fourmi et de celle du lion, et ne pouvant manger ni chair ni grains, est condamné à périr, de même que l'homme qui veut obéir à la fois à Dieu et à Satan. Esope, Sénèque et Pline avaient déjà prêté aux animaux les vices et les vertus de l'homme. Le *Physiologus* traduit en latin au Ve siècle puis en beaucoup d'autres langues, dont l'anglo-saxon et l'éthiopien, inspira tous les bestiaires illustrés des pays d'Occident.

Cependant, à côté de ce monde allégorique, la biologie scientifique affermissait ses fondements. Déjà au siècle précédent Adélard de Bath, qui avait pris contact avec la science arabe, proclamait que les choses, outre leur rôle de porte-parole de Dieu, avaient une raison d'être qu'il importait aux hommes de découvrir. Il ne faisait du reste que souligner un autre aspect de la doctrine de Saint Augustin qui voyait dans les opérations ordonnées et intelligentes de la Création, une manifestation du Créateur.

Toutefois, la principale source du renouveau systématique de la science était le corpus de textes scientifiques grecs et arabes, et notamment les œuvres d'Aristote traduites en latin au début du XIIIe siècle. L'étude du symbolisme biologique fut alors reléguée, selon Albert le Grand, à la théologie mystique. Elle survécut pourtant jusqu'au XVIIe siècle.

Les ouvrages d'Albert le Grand en Botanique et en Zoologie sont typiques de la science biologique du XIIIe siècle. On y trouve non seulement des descriptions exactes de l'anatomie et de la manière de vivre d'une grande diversité de plantes et d'animaux — Insectes, Oiseaux et Mammifères — mais aussi des exposés très judicieux sur des questions d'écologie et de reproduction, que l'auteur a cherché à résoudre au moyen d'expériences simples. D'autres écrits biologiques de l'époque sont d'un caractère également scientifique. S'il est vrai que Thomas de Cantimpré, auteur du XIIIe siècle, a introduit dans son *De naturis rerum*, un

chapitre entier sur les créatures chimériques, par contre, l'empereur Frédéric II dans son livre sur la fauconnerie, s'en tient aux animaux existant réellement. Plusieurs ouvrages de l'époque ont une fin utilitaire, comme ceux de Walter de Henley et de Pierre de Crescenzi sur l'agriculture; le second fit autorité pendant trois siècles. Parmi les herbiers, destinés surtout à faciliter, au moyen de leurs descriptions, l'identification des plantes médicinales précieuses, on distingue celui de Rufin (XIIIe siècle) récemment édité par Lynn Thorndike. Les voyageurs, tant à l'étranger que dans leur propre pays, s'intéressaient activement à tout ce qui vivait. Albert le Grand lui-même qui, en qualité de provincial des dominicains allemands, faisait de longs voyages à pied, parle, dans son *De Animalibus*, de la pêche, y-compris celle de la baleine, et de la vie rurale en Allemagne. Le *Konungs Skuggsja* islandais ou *Speculum regale* décrit les baleines, les phoques et les morses. Guillaume de Rubruck et Marco Polo rapportent d'Asie des renseignements sur l'hémione sibérien et le mouton à large queue, le riz et le gingembre.

Les livres étant copies à la main, les illustrations des ouvrages de Botanique et de Zoologie étaient souvent des reproductions stylisées de dessins antérieurs qui remontaient parfois jusqu'à l'antiquité. Il arriva pourtant un moment où les plantes furent dessinées d'après nature, comme dans l'herbier d'Apuleius [2] rédigé à Bury St. Edmunds vers l'année 1120. Il en est ainsi également des fourmis et des abeilles du manuscrit du British Museum, *Royal* 12C, qui date de la fin du XIIe siècle. Dès lors l'usage se répandit, en se perfectionnant, de peindre ou dessiner des êtres vivants dans des attitudes naturelles soit pour illustrer les ouvrages de biologie — les illustrations de la «Fauconnerie» de Frédéric II, par exemple —, soit pour orner un texte sans aucun rapport avec son contenu: C'est ainsi que le carnet de Villard de Honnecourt, architecte français du XIIIe siècle contient des esquisses jetées pêle-mêle, au gré de la fantaisie de l'auteur: un homard, une mouche, des perroquets, un lion «d'après nature», des études de perspective, des engins militaires et industriels [3]. Les dessins naturalistes d'animaux, exécutés au cours des XIIIe et XIVe siècles, avaient évidemment un but décoratif. Ils résultaient d'une observation attentive et précise, mais n'expliquaient aucun texte scientifique. C'est le symbolisme religieux qui dans certains cas inspirait l'observation, mais l'esprit religieux s'affranchit graduellement du symbolisme traditionnel et s'exprima dans la contemplation de la nature dans son ensemble: «Au spectacle de la grandeur, la beauté et la permanence de la Création, dit Vincent de Beauvais, j'éprouve une mystique reconnaissance envers le Créateur et Ordonnateur de cet univers» [4]. Les sculptures des chapiteaux, rondes bosses et miséricordes des cathédrales gothiques [5], et les miniatures françaises et flamandes du XVe siècle sont si vivantes parce que les artistes tenaient à reproduire fidèlement ce que Dieu a créé et par quoi il se manifeste, faisant ainsi, sans le vouloir, œuvre scientifique. A cette catégorie d'illustrations naturalistes appartiennent les miniatures «biologiques» des manuscrits attribués à Cybo d'Hyères.

Les trois fragments que possède le British Museum sont écrits sur feuillets de vélin uni de 16,5 sur 10 cm. Les MSS *Additional* 27695 et 28841 comportent quinze et sept feuillets respectivement, et le MS *Egerton* 3127 deux. Les feuillets sont utilisés recto et verso. Les dessins, exécutés en traits nets puis coloriés et dorés, ont été faits, selon toute apparence, à Gênes ou dans ses environs [6]. Le volume dont les fragments faisaient partie contenait deux textes latins, différemment enluminés. Le premier texte auquel appartiennent MS *Additional* 27695 et *Egerton* 3127 et le premier feuillet de *Additional* 28841, est un traité sur les vices, composé par un membre de la famille gênoise des Cocharelli à l'intention de ses enfants. L'auteur attribue les anecdotes qu'il cite à l'appui de sa thèse à son grand-père, Pelegrino Cocharelli [6] dont l'autorité est invoquée également dans le deuxième texte, une histoire en vers libres de la Sicile au temps de l'Empereur Frédéric II (1194–1250), qui se trouve dans MS *Additional* 28841.

Le traité en prose est illustré de peintures hors-texte, et les vignettes qui ornent les marges du texte portent, en médaillon, des miniatures d'insectes, d'oiseaux et de mammifères, ainsi que des grotesques. De minuscules scènes animalières occupent les vides du texte, même qu'une ligne dorée les sépare des marges. Les ciseaux surtout sont très réussis (figure 3). Les scènes sont d'un dynamisme remarquable: on y voit des oiseaux dans les attitudes diverses de la pariade et de la recherche de la nourriture, des jeux de chatons, des bêtes de proie qui déchirent leurs victimes. L'artiste semble se complaire à des détails cruels. Certaines miniatures se rapportent au sujet de l'ouvrage, celles, par exemple, de l'*Egerton* 3127 où des scènes de meurtres et de mutilations accompagnent un exposé sur la perfidie, dont un chapitre de l'histoire de Chypre fournit des exemples. Une caractéristique des hors-texte, c'est l'influence orientale qui

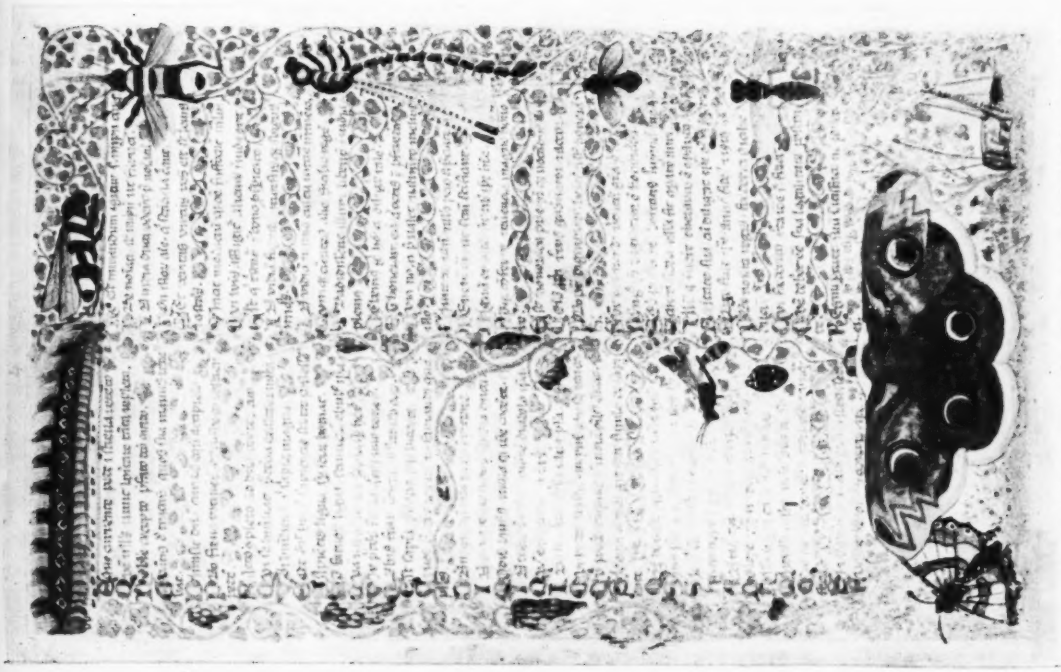


FIGURE 1 – *MS* Additional 28841, *f*.4. *Lire dextrorsum, le long de la marge, partant d'en haut, à gauche:* 1. *chenille de lasiocampe* (?); 2. *probablement semblable à* 3; 3. *bourdon,* Bombus ruderatus Fab. (?); 4. *libellule;* 5. *psyché mâle* (?); 6. *guêpe, genre* Crabro; 7. *jeune sauterelle, genre* Pholidoptera (?); 8. *grand paon de nuit,* Saturnia pyri; 9. *papillon, non-identifié. Au centre, du haut en bas:* 10. *ichneumon, genre* Gravenhorstia; 11. *anthrène,* Attagenus pellio.

FIGURE 2 – *MS* Additional 28841, *f*.5. *Lire dextrorsum, le long de la marge, à partir d'en haut, à gauche:* 1. *mollusque bivalve,* Tapes pullastra; 2. *mollusque gastéropode* (?); 3. *mollusque bivalve, genre* Arca; 4. nautile; 5. *araignée de mer, genre* Mithrax; 6. Tapes pullastra; 7. *pagure, dans une coquille de* Turritella; 8. *pagure;* 9. *peigne, genre* Glaber; 10. *porcelaine,* Cypraea lurida; 11. *buccin,* Charonia tritonis; 12. *patelle,* Patella vulgata *ou* lusitania; 13. Charonia tritonis; 14. Cypraea moneta; 15. *crevette, genre* Hippolyte; 16. *homard, genre* Homarus *ou* Palinurus; 17. *crevette, genre* Leander. *Au centre:* 18. *homard, genre* Homarus.

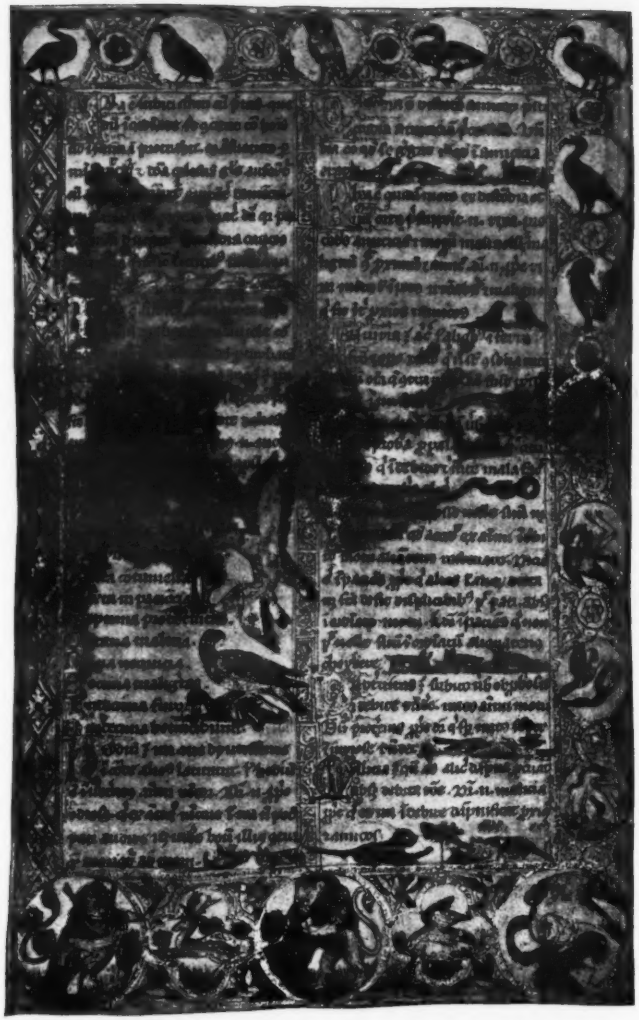


FIGURE 3 – *MS* Additional 28841, *f.*1. *Lire en suivant la marge dextrorsum, partant d'en haut, à gauche:* 1. *oie* (?); 2. *caille;* 3. *hibou,* Athena noctua*;* 4. *malart;* 5. *oie;* 6. *paon* (?); 7. *coq;* 8. (?); 9. *cigogne;* 10. *gros canard, genre* Merganser (?); 11. *héron* (?); 12. *orfraie* (?); *attaquant un cormoran;* 13. *huppe* (?); 14. *lion et ours combattant;* 15. *cerf;* 16. *lion abattant une biche; Figures du texte, de haut en bas; à gauche:* 17. (?); 18. *aigle dévorant une cigogne;* 19. *faucon dévorant un canard;* 20. *chatons; A droite:* 21. *pies et lapin;* 22. *pinsons* (*gros-becs* (?)); 23. *lézard;* 24. *serpent;* 25. *lapins;* 26. (?); 27. *chatons.*

FIGURE 4 – *MS* Additional 28841, *f.*7 (*verso*). *Lire en suivant la marge dextrorsum à partir d'en haut, à gauche:* 1. *deux larves de coccinelle;* 2. *araignée et petit papillon* (?); 3. *araignée;* 4. *lézard;* 5. *mouche,* Musca (?); 6. *scorpion;* 7. *araignée et petit papillon* (?); 8. *araignée et mouche* (?); 9. *sauterelle longicorne, genre* Ephippiger*;* 10. *scolopendre.*

(*Nous prions M. N. D. Riley et ses collègues de la Section d'Histoire Naturelle du British Museum, ainsi que le Dr. J. Smart, le Professeur J. E. Smith, M.H.L.G. Stroyan et le Dr. W. H. Thorpe, d'agréer nos remercîments pour nous avoir aidé à identifier les animaux représentés dans les figures.*)

lapins; 26. (?); 27. *chatons.*

Strogan et à Dr. W. H. Thorpe, à qui nous remercions pour nous avoir aidé à identifier les animaux représentés dans les figures.)

y apparaît, notamment dans une scène de chasse au faucon [6] et une autre ou un khan de Tartarie personnifie la gourmandise [8]. C'est là peut-être un effet du commerce intense de Gênes avec l'Orient [9].

Les illustrations du traité en vers sont toutes marginales et le texte n'est pas rigoureusement encadré. Des rameaux portant feuilles et fruits serpentent entre les lignes sur toute la largeur des colonnes, parsemés d'insectes, d'arachnides, d'invertébrés marins, de reptiles et de mammifères; pas d'oiseaux. A la différence des scènes animées de l'autre texte, il règne ici un impressionisme scrupuleux ne visant à aucun mouvement: la tendance est de réunir sur la même page des animaux appartenant par tradition à un même groupe, par exemple, Quadrupèdes terrestres, Invertébrés marins (Crustacés et Mollusques pour la plupart) et une catégorie comprenant les Insectes et les Arachnides (figures 1, 2, 4) [10]. L'artiste avait sans doute une prédilection pour ces derniers car il les a rendus avec une précision de détails qui a permis de déterminer même les espèces.

On ne sait presque rien de ce Cybo d'Hyères à qui sont attribuées les enluminures décrites ci-dessus. Il est en outre incertain qu'elles soient toutes du même auteur [6, 11]. Celui-ci, surnommé paraît-il, *Monaco delle Isole d'Oro* [13] vivait vers la fin du XIVe siècle et devait appartenir à la famille génoise bien connue, les Cibo ou Cybo. Il se peut qu'il ait été un moine de Saint-Honorat, dans l'archipel de Lérins, sur la côte de Provence, et qu'il ait séjourné dans les îles d'Hyères avoisinantes [14]. Sa filiation artistique est également obscure. A quelle école appartenait-il ? Quels sont ses rapports avec les autres peintres liguriens, ou avec l'école de Toscane issue de Giotto, ou encore avec le monde arabe ? Autant de questions restées sans réponse. On pourrait le rattacher dans le passé à l'artiste qui a illustré la «Fauconnerie» de l'Empereur Frédéric II. Il annonce, d'autre part, le peintre vénitien Andrea Amodio, qui acheva l'illustration de l'herbier de Benedetto Rinio en 1410, les miniaturistes flamands de la fin du XVe siècle, Léonard de Vinci et Albert Dürer. Ils appartiennent tous à la lignée des enlumineurs occidentaux qui ont donné son essor à la biologie moderne [15].

BIBLIOGRAPHIE

[1] SINGER, C. *J. Hell. Stud.*, **47**, 5, 1927.

[2] Oxford MS Bodley 130: *cf.* BLUNT, W. «The Art of Botanical Illustration». Collins, Londres. 1950.

[3] HAHNLOSER, H. R. (publié par). «Kritische Gesamtausgabe des Bauhüttensbuches MS fr 19093 der Pariser Nationalbibliothek». Anton Schroll, Vienne. 1935.

[4] VINCENT DE BEAUVAIS «Speculum Majus», Prologue C.6.

[5] PEVSNER, NIKOLAUS. «The Leaves of Southwell». Penguin Books, Harmondsworth. 1945.

[6] FLOWER, R. *Brit. Mus. Quart.*, **8**, 128, 1934.

[7] BOND, E. A. et THOMPSON, E. M. (publié par). «Facsimiles of Manuscripts and Inscriptions», Vol. 3. Palaeographical Society, Londres. 1873–83.
British Museum. «Reproductions from Illuminated Manuscripts». Vol. 4, Pl. xxx, xxxi. Londres, 1928.
FLOWER, R. *Op. cit.*, and British Museum pictorial cards, Series B, 413.

[8] British Museum. «Reproductions from Illuminated Manuscripts», Vol. 4, Pl. xxx. Londres. 1928.

[9] SARTON, G. «Introduction to the History of Science», Vol. 3. Williams and Wilkins, Baltimore. 1948.

[10] CROMBIE, A. C. «Augustine to Galileo». Falcon Press, Londres. 1952.

[11] TOESCA, P. «La Pittura e la Miniatura nella Lombardia». Ulrico Hoepli, Milan. 1912.
Voir dans BRADLEY, J. W. «A Dictionary of Miniaturists, etc.», Vol. I. Londres, 1887, un commentaire sur un livre d'heures attribué à Cybo.
ROSINI, G. «Storia della Pittura Italiana, Vol. II. Pise. 1848.
THIEME, U. «Allgemeines Lexikon der bildenden Künstler», Vol. VIII. Leipzig. 1913.

[12] BRADLEY, J. W. *Op. cit.*
BALDINUCCI, F. «Notizie de' Professori del Disegno da Cimabue», Vol. I. Florence. 1845.
SOPRANI, R. «Vite de' Pittori, Sculturi, e Architetti Genovesi», Vol. I. Gênes. 1768.

[13] TIRABOSCHI, G. «Storia della Letteratura Italiana». Modène. 1789.

[14] THIEME, U. *Op. cit.*

[15] HERBERT, J. A. «Illustrated Manuscripts». Methuen, Londres. 1911.

Le mode d'action des facteurs héréditaires

ADOLPHE BUTENANDT

L'auteur émet l'hypothèse que les gènes, qui déterminent les caractères héréditaires de la cellule, agissent par l'intermédiaire d'enzymes spécifiques, et décrit les expériences qui l'ont amené à formuler cette théorie. La première est une étude de la pigmentation des yeux de la mite de la farine. Suit un bref aperçu des réactions chimiques qui entrent en jeu.

La manière dont une cellule répond aux conditions externes et internes dépend de son hérédité. Celle-ci, à son tour, est déterminée par l'agencement des facteurs héréditaires (gènes) à l'intérieur du noyau. Ces facteurs, qui portent le nom collectif de génome, ont les propriétés caractéristiques suivantes:

1. Ils sont localisés en des points précis des chromosomes.
2. Ils peuvent se reproduire par division des cellules; la constitution héréditaire se transmet donc sans changement aux nouvelles cellules.
3. Ils sont très stables, mais non d'une façon absolue: ils peuvent passer d'un état stable à un autre. Par ces mutations la constitution héréditaire se transforme d'une génération à une autre.
4. Ils déterminent les caractéristiques de l'individu. Chaque facteur régit certaines caractéristiques externes (les phènes) et le génome détermine les caractéristiques générales de l'individu.

La recherche génésique ayant défini les qualités des gènes, c'est au biologiste de répondre aux questions suivantes:

1. Quelle est la structure chimique des gènes? Cette structure permet-elle d'expliquer leur mutabilité et leur aptitude à se reproduire?
2. Comment agissent-ils? Par quelles chaînes de réactions régissent-ils les caractéristiques externes de l'individu?

Ces problèmes biochimiques ont été étudiés au cours des dix dernières années, mais on n'est pas encore parvenu à déterminer d'une façon générale la substance et la structure des gènes. Partout où ils interviennent on rencontre également des substances caractéristiques ayant les propriétés de nucléoprotéides. Il est très probable qu'elles sont étroitement liées aux gènes, car on sait que toute matière vivante capable de se reproduire en contient.

L'élucidation des processus enzymatiques du métabolisme, et l'isolement d'un grand nombre d'enzymes spécifiques ont ouvert la voie à la recherche expérimentale concernant l'activité des gènes. On sait à présent que des enzymes spécifiques interviennent à chaque pas dans les changements métaboliques des processus biologiques; en fait, les enzymes forment l'essentiel du protoplasme. L'examen de l'activité des gènes, du point de vue biochimique, prouve qu'ils sont en rapport étroit avec les enzymes et qu'ils agissent par leur intermédiaire. Les résultats d'expériences donnent à penser que chacun d'entre eux a une enzyme spécifique qui lui est associée: nous reparlerons bientôt des conclusions importantes qu'on en a déduit.

En suivant le mécanisme détaillé d'une chaîne d'actions géniques on pourra se représenter le genre de méthode employée dans cette recherche et juger de sa valeur. A titre d'exemple nous avons choisi l'analyse expérimentale de la formation des pigments dans les yeux de certains insectes. Ces résultats sont le produit de la collaboration des Instituts Max Planck de Biologie (A. Kühn) et de Biochimie (A. Butenandt).

Kühn et son école ont effectué une expérience d'une portée incalculable pour les recherches sur l'activité génique. Dans la race sauvage de la mite de la farine (*Ephestia kühniella*) les yeux de la lymphe, et les yeux, la peau et d'autres organes de la chenille sont brun foncé. La couleur provient de la formation et de l'accumulation de certains pigments, les ommochromes. La mutation spontanée d'un seul gène donne une nouvelle race qui se distingue de l'autre par l'absence d'ommochromes. Cette race n'est presque plus capable de former les pigments: la chenille est presque incolore. Nous dénoterons par v^+ le gène responsable de la pigmentation de la race sauvage, et nous définirons la mutation comme le passage du facteur v^+ en son allèle v.[1]

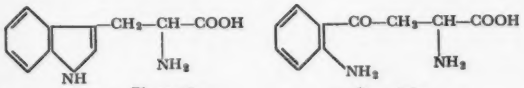
Si l'on transplante des organes de la race sauvage dans la chenille de la nouvelle race à l'avant-dernier

[1] Dans le mémoire original le gène de la race sauvage est représenté par A ou a^+, et le gène muté par a. Pour la simplicité nous avons adopté ici les notations employées dans le travail concernant la *Drosophila*.

stade de son développement, ou si on lui injecte des extraits de tissu v^+ en solution alcoolique aqueuse, la race v devient capable de produire l'ommochrome: la chenille est pigmentée de façon normale, les yeux de la lymphe sont bruns; bref, on retrouve les caractères externes de la race sauvage. Les tissus de celle-ci contiennent donc une substance qu'on peut extraire: elle se forme sous l'influence des gènes v^+ et s'interpose entre le gène même et les caractères externes. L'analyse chimique de cette substance et l'établissement des rapports qui l'unissent tant aux gènes qu'au pigment ont fourni la première occasion de pro-

céder à l'examen expérimental du mode d'action d'un gène.

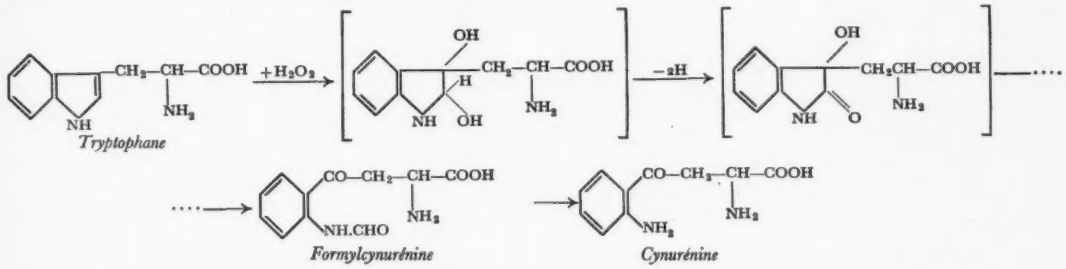
On a pu prouver que la substance qui provoque la formation de pigments sous l'influence du facteur v^+ est la cynurénine, un acide aminé qu'on connaissait déjà comme produit intermédiaire du métabolisme du tryptophane chez les mammifères. La cynurénine est l'*o*-amino-benzoyl-alanine (II), on la trouve dans l'urine de lapins auxquels on donne du riz contenant beaucoup de tryptophane (I). Le mammifère est donc à même de transformer le tryptophane en cynurénine; nombre d'autres micro-organismes ont le même pouvoir.



I. *Tryptophane* II. *Cynurénine*

Si l'on fixe le rapport numérique entre la cynurénine administrée et le pigment formé, on trouve que le degré de pigmentation est directement proportionnel à la dose de cynurénine et ne dépend pas du temps d'action. La quantité de cynurénine absorbée et celle du pigment formé sont du même ordre. On en conclura que la cynurénine n'agit pas comme catalyseur de la réaction, mais qu'elle participe à la synthèse de la molécule de pigment: c'est donc un chromogène. Elle constitue un chaînon de la lignée des substrats aboutissant au pigment. Les ommochromes sont en quelque sorte des dérivés du tryptophane et la cynurénine est un intermédiaire entre le tryptophane et les pigments; mais quel rapport y a-t-il entre la formation de la cynurénine et le gène v^+ ?

Chez les mammifères la dégradation en cynurénine est rendue possible grâce à la pyrrolase du tryptophane, une enzyme spécifique du foie. Des travaux récents de Knox ont démontré que cette enzyme est à la fois une peroxidase et une oxidase. La conversion du tryptophane en cynurénine par l'intermédiaire de la formyl-cynurénine suit probablement la route suivante:



On peut supposer que dans le type sauvage d'*Ephestia* une enzyme apparentée à la pyrrolase du tryptophane catalyse de façon analogue la transformation du tryptophane en cynurénine chromogène. Cette conversion ne peut évidemment pas avoir lieu chez l'espèce mutante v puisque l'activité enzymatique de la pyrrolase fait défaut dans ses tissus. Ce fait nous renseigne sur certains aspects importants de l'activité du gène v^+; le rôle de ce facteur est de fournir à l'organisme les constituants enzymatiques actifs de la pyrrolase qui confèrent à la cellule le pouvoir d'effectuer la dégradation normale du tryptophane en cynurénine. Or, la mutation de v^+ en v prive la cellule de cet attribut; la pigmentation est donc arrêtée faute de cynurénine. Mais si l'on fournit le chaînon manquant à l'espèce mutante la réaction de pigmentation est forcée de se produire de la façon normale.

Ces expériences indiquent donc que le tryptophane doit s'accumuler dans la race v puisque la dégradation est bloquée. On a trouvé qu'il en est réellement ainsi: la teneur en tryptophane est plus élevée dans la race mutante que dans la race sauvage de la mite.

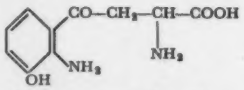
Les ommochromes produits par la cynurénine ne sont pas uniformes. Ils comprennent des ommatines à faible poids moléculaire et des ommines lourdes; les premières sont sensibles à l'action des alcalis, les autres pas. Chez la mite de la farine le

pigment des cellules de la rétine et des cellules subsidiaires du pigment de l'œil est une ommine (la scotommine); le pigment essentiel de la chenille est une ommatine, tandis que les cellules du pigment de la cornée contiennent un troisième pigment, la xanthommine. Tous trois dérivent de la cynurénine, sont absents chez la race mutante *v*, et apparaissent simultanément quand on injecte de la cynurénine. Le même précurseur (la cynurénine) issu du gène v^+ est donc requis pour la synthèse des trois pigments; les stades ultérieurs des synthèses individuelles se dirigent différemment dans les cellules respectives. Le rattachement de ces trois pigments au même facteur fournit donc une interprétation d'un phénomène général, la formation de diverses caractéristiques à partir d'un gène unique.

Beadle et Ephrussi ont obtenu des résultats analogues avec la mouche des fruits, la *Drosophila*; le rouge foncé des yeux de la race sauvage dépend du facteur v^+ et la mutation en *v* réduit fortement la pigmentation. Ici aussi le gène peut être remplacé tout à fait par la cynurénine.

Chez la *Drosophila*, la mutation d'un autre gène, dénoté par cn^+ a un effet analogue sur la formation du pigment de l'œil. Sa mutation en l'allèle *cn* supprime la formation de l'ommochrome. Des expériences de transplantation et d'extraction ont montré que l'intervention du facteur cn^+ se produit à un stade plus avancé de la synthèse du pigment et nécessite la présence du facteur v^+.

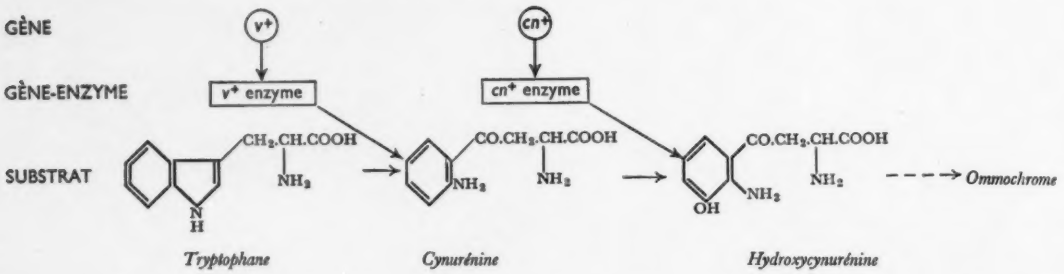
L'analyse biochimique indique que le facteur cn^+ peut être remplacé par l'hydroxy-3-cynurénine (III). On extrait ce produit des nymphes de *Calliphora erythrocephala* et l'on peut aussi actuellement en faire la synthèse.



Hydroxy-3-cynurénine (III.)

L'hydroxy-3-cynurénine constitue un chaînon de plus dans la série des substrats qui vont du tryptophane au pigment. Sa formation à partir de la cynurénine est régie par une enzyme spécifique qui n'agit évidemment que dans les tissus pourvus de gènes cn^+.

On peut étendre au mode d'action du gène cn^+ les mêmes idées qu'au v^+. La présence de ce facteur rend la cellule capable de préparer une enzyme active qui transforme la cynurénine en hydroxycynurénine. La chaîne des actions géniques s'inscrit donc comme suit:



Ce schéma illustre, d'une part, la manière dont les facteurs interviennent par le truchement d'enzymes à certains stades des réactions qui aboutissent à la formation de substrats, et, de l'autre, la façon dont divers gènes agissent parfois ensemble pour produire les mêmes caractéristiques. La formation d'un phène unique peut donc dépendre de la présence de plusieurs gènes.

Le colorant des granules effectifs de pigment (produits de l'hydroxycynurénine par une réaction encore inconnue, la formation d'une quinone, sans doute) est liée à un porteur protéique qui paraît indispensable dans les derniers stades de la synthèse du pigment. Chez les mites de la farine la formation de ces granules de protéine est dérangée par la mutation d'un gène wa^+ en *wa*, qui interrompt tout à fait la pigmentation. Les granules de protéine qu'on peut extraire du constituant du pigment des mites v^+ et *v* par des solvants appropriés font défaut dans les cellules de la race mutante *wa*. Les pigments précurseurs, en particulier la cynurénine et l'hydroxycynurénine, sont engendrés par le gène *wa* mais ils ne peuvent être utilisés par le tissu *wa*.

L'étude du facteur *wa* a démontré un lien de plus dans la chaîne des réactions géniques aboutissant à la formation des pigments. Il s'agit ici d'un problème de structure; les chromogènes diffusibles (cynurénine et hydroxycynurénine) peuvent exister dans toutes les cellules, mais puisque la formation du pigment dépend de leur rattachement à des

protéines, ils s'accumulent exclusivement dans certains tissus et cellules.

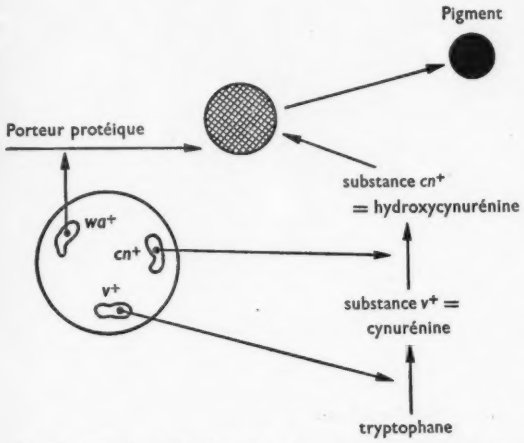


Schéma illustrant l'action des gènes v+, cn+ *et* wa+ *dans une cellule pigmentaire de l'œil.* (*A. Kühn.*)

Le schéma ci-dessus représente l'action combinée des trois gènes en vue de la formation du pigment; on y verra clairement un exemple de la nature complémentaire de plusieurs gènes: «Dans une chaîne d'actions géniques divers processus se suivent. Les diverses chaînes se rencontrent, pour ainsi dire, aux nœuds du réseau de réactions. Notre exemple comporte une série de transformations allant du tryptophane au précurseur du pigment qui va finalement s'unir au granule de protéine; on remarquera aussi une chaîne d'actions géniques (de plusieurs maillons probablement) qui aboutit au support protéique» (A. Kühn).

Cette analyse d'une chaîne d'actions géniques est destinée à illustrer le genre de recherche qui a contribué à déceler le mode d'action des gènes. Elle présente d'ailleurs un intérêt historique, car elle constitue la première analyse génésique et chimique d'une chaîne d'actions passant par plusieurs stades intermédiaires. Les conclusions qu'on en a tiré paraissent d'application générale, car des résultats similaires ont été obtenus dans nombre d'autres cas.

Parmi les premières recherches de ce genre citons l'analyse de la formation sous contrôle génique, dans le règne végétal, de pigments du type anthocyanine-flavanol et chalkone (Lawrence et Price). Le processus de formation de pigments dans les poils de lapins (R. Danneel) est analogue à la synthèse des ommochromes, mais les pigments produits par divers précurseurs appartiennent à un type chimique différent. Les recherches de R. Kuhn et de ses collaborateurs à l'Institut Max Planck de Recherche Médicale d'Heidelberg, sur la synthèse sous contrôle génique des substances sexuelles des algues nous offrent un exemple de plus de l'intervention des gènes à certains stades des processus régis par des enzymes. Les travaux approfondis de Beadle, Tatum et de leurs collaborateurs sur les races mutantes de la moisissure du pain (*Neurospora crassa*) ont confirmé l'opinion que les gènes interviennent dans les processus vitaux des cellules au moyen d'enzymes spécifiques.

On est arrivé à établir un rapport direct et inattendu entre la chaîne d'actions géniques de la pigmentation des insectes et le métabolisme sous contrôle génique chez le *Neurospora*. On a trouvé que le *Neurospora* produit, à partir du tryptophane, l'acide nicotinique nécessaire au métabolisme énergétique de toutes les cellules. Les premiers stades de la transformation du tryptophane en acide nicotinique et du tryptophane en ommochromes sont les mêmes. Dans les deux cas, le tryptophane est converti en cynurénine par l'entremise d'un gène, puis en hydroxycynurénine par un autre. A ce point-là cependant, il y a divergence, les intermédiaires suivants sont différents et aboutissent soit au pigment, soit à l'acide nicotinique. L'hydroxycynurénine constitue donc une substance-mère d'où les deux chaînes d'actions géniques divergent. Des recherches récentes ont montré que les rats, eux aussi, fabriquent de l'acide nicotinique à partir du tryptophane, tout comme le *Neurospora* (Neuberger). Il s'ensuit que les mêmes principes biochimiques dus sans doute aux mêmes gènes, sont applicables à une multitude d'organismes.

Notre thèse du début, selon laquelle les gènes déploient leur activité par l'entremise d'enzymes spécifiques, paraît donc bien confirmée. Les relations établies entre les facteurs héréditaires et les enzymes permettent cependant d'autres hypothèses encore concernant le mode d'action de ces facteurs:

1. Le gène lui-même a les propriétés d'une enzyme et catalyse les réactions associées aux gènes.
2. Le gène engendre l'enzyme comme produit primaire ou secondaire.
3. Le gène n'engendre pas d'enzymes, mais régit leur activité, en produisant des activateurs ou des inhibiteurs spécifiques.

Il est douteux que les gènes aient le caractère d'enzymes. La solution pourrait donc se déduire

du point 2 ou 3, mais il se peut encore que les deux mécanismes soient conjugués.

D'autres analyses expérimentales contribueront à la solution du problème et augmenteront notre connaissance de la nature des facteurs héréditaires.

BIBLIOGRAPHIE

[1] BEADLE, G. W. *Fortschr. Chem. org. Naturst.*, **5**, 300, 1948; *cf. Z. Naturforsch.*, **3b**, 63, 1948.

[2] BECKER, E. *Z. indukt. Abstamm.- u. VererbLehre.*, **80**, 157, 1942.

[3] BUTENANDT, A., WEIDEL, W. et BECKER, E. *Naturwissenschaften*, **28**, 63, 1940.

BUTENANDT, A., WEIDEL, W., WEICHERT, R. et VON DERJUGIN, W. *Hoppe-Seyl. Z.*, **279**, 27, 1943.

BUTENANDT, A. «Über die Biochemische Analyse einer Gen-Wirkkette der Pigmentbildung bei Insekten», M. Kir. Tisza István-Tudományegyetemi Nyomda, Debrezin, 1943.

BUTENANDT, A., WEIDEL, W. et NECKEL, I. *Hoppe-Seyl. Z.*, **281**, 120, 1944.

BUTENANDT, A. et WEICHERT, R. *Ibid.*, **281**, 122, 1944.

BUTENANDT, A. *Forsch. Fortschr. dtsch. Wiss.*, **21/23**, No. 4, 5, 6, 1947.

Idem. Angew. Chem., **61**, 262, 1949.

BUTENANDT, A., WEIDEL, W. et SCHLOSSBERGER, H. *Z. Naturforsch.*, **4b**, 242, 1949.

BUTENANDT, A. et HALLMANN, G. *Ibid.*, **5b**, 444, 1950.

[4] DALGLIESH, C. E., KNOX, W. E., et NEUBERGER, A. *Nature*, **168**, 20, 1951.

[5] DANNEEL, R. *Ergebn. Biol.*, **18**, 55, 1941.

[6] KÜHN, A. «Grundriss der Vererbungslehre», 2ème édition. Heidelberg. 1950.

Idem. Über eine Gen-Wirkkette der Pigmentbildung bei Insekten. *Nachr. Akad. Wiss. Göttingen.* 231, 1941.

[7] KUHN, R. *Angew. Chem.*, **61**, 1, 1949.

[8] KOTAKE, Y. *Ergebn. Physiol.*, **37**, 245, 1935.

[9] LAWRENCE, W. I. C. et PRICE, I. R. *Biol. Rev.*, **15**, 35, 1940.

Parasitisme, évolution et phylogénèse

THOMAS W. M. CAMERON

Il est signalé que plusieurs espèces de parasites sont devenues spécifiques pour certains hôtes, cette restriction étant apparemment en fonction du stade d'évolution et de spécialisation. Il est d'ailleurs avéré que certains parasites ont évolué en même temps que leurs hôtes: il est question ici notamment des sclérostomes, de leur cycle de vie et de leurs divers hôtes. Les différences constatées entre les parasites des marsupiaux australiens et ceux de la sarigue sud-américaine semblent infirmer la théorie d'un ancêtre commun.

Les deux principes fondamentaux de la doctrine de l'évolution sont, premièrement, l'unité de la vie et la parenté de tous les êtres vivants, deuxièmement, la sélection des organismes les mieux adaptés à leur milieu. Tous les animaux existant actuellement sont les descendants de formes antérieures et si nous possédions une collection complète de fossiles, nous trouverions en remontant suffisamment loin, leur ancêtre commun. Malheureusement, nous n'aurons jamais la série complète. Trop souvent, il nous faut deviner la parenté des groupes zoologiques à l'aide de l'anatomie, de l'embryologie et surtout de l'ostéologie comparées. D'autres sources, dont la plus profitable est la parasitologie animale comparée, nous renseignent aussi. Tout comme leurs hôtes, les parasites ont évolué et leur étude peut nous informer utilement sur l'évolution de ceux-ci.

Le parasitisme est un phénomène d'une antiquité géologique reculée qui a probablement toujours fait partie du cadre de la vie des vertébrés. Son étude scientifique est pourtant assez récente et s'est surtout attachée à l'aspect économique du phénomène et au rôle des parasites dans l'incidence des maladies humaines et animales. Dans l'ensemble, leur action n'est pas sérieusement pathogène car un parasite virulent aura tendance à supprimer son hôte et se nuira personnellement du même coup. De plus, la maladie est en grande partie l'œuvre de l'homme et un fait récent. La sélection naturelle élimine donc les espèces dangereuses et protège les moins virulentes qui vivent aux dépens d'un animal sans l'incommoder outremesure.

Les rapports des ectoparasites avec la phylogénèse de leurs hôtes ont été en partie étudiés mais les parasites internes n'ont reçu jusqu'ici qu'une attention insuffisante et souvent mal placée. Ils sont extrêmement communs et aucun vertébré (et sans doute peu d'invertébrés) en sont exempts. La plupart sont des organismes très complexes ayant une organisation avancée et souvent spécialisée à l'extrême. Ils donnent tous naissance à des jeunes qui se séparent de l'hôte et en trouvent un autre après une période plus ou moins longue passée à l'extérieur. Dans beaucoup de cas, cette phase externe doit remplir des conditions très précises et l'entrée chez un hôte nouveau est soumise à des hasards et difficultés sans nombre. Parfois le parasite passe chez un ou plusieurs animaux intermédiaires appartenant à des groupes différents mais de mœurs similaires. D'autres, ayant des moments de liberté, où ils peuvent se déplacer et pénétrer dans la peau d'un hôte possible ont tendance à infester des animaux de milieux semblables. Ceux qui rentrent dans le corps par des aliments contaminés de matières fécales ont un choix de porteurs plus grand.

Nombreux sont les parasites plus anciens qui ont, par suite d'une spécialisation trop poussée perdu la possibilité de produire des espèces mutantes pouvant s'adapter à des catégories zoologiques différentes. L'existence d'un parasite pendant ses divers stades dépend de conditions biophysiques et biochimiques déterminées chez l'animal porteur. Il est évident que les besoins physiologiques du parasite doivent rester plus malléables que ceux de son hôte sans quoi il disparaîtra et, avec lui, l'espèce toute entière. Comme chez les autres animaux, cette adaptabilité a pourtant des limites et décroît en raison inverse de la spécialisation. Il en résulte que beaucoup d'espèces sont incapables d'adaptation, certaines ne pouvant vivre que chez un seul genre zoologique, d'autres chez de rares espèces apparentées. La parasitologie comparée montre que cette restriction est en fonction du stade d'évolution et de spécialisation et que, moins un parasite est adaptable, plus il semble s'écarter de sa souche phylogénique. Il ne peut que diverger dans les limites de son hôte, qui lui-même s'éloigne peut-être plus ou moins de son origine simultanément. L'étude

des parasites non-adaptables est donc en mesure de nous aider à retracer la parenté de certains animaux et à compléter les renseignements de la paléontologie.

Cette spécificité est un attribut physiologique que, seuls jusqu'à présent, les caractères morphologiques nous permettent de déceler — critérium insuffisant. Certes, des espèces apparentées ont tendance à avoir des parasites apparentés, mais il y a des exceptions, surtout parmi les animaux de mœurs similaires. On note même parfois chez les parasites une sorte d'évolution convergente non sans analogies avec celle de l'hôte. Malgré cela il existe encore un nombre considérable de formes non-adaptables phylogénétiques, en particulier chez les protozoaires sporozoaires, les cestodes et certains groupes de nématodes — formes qui ont vraisemblablement évolué de pair avec leurs hôtes. Ces faits confirment nos idées modernes sur la parenté des vertébrés. Ainsi, les parasites paludéens (plusieurs espèces de *Plasmodium*) se trouvent chez les reptiles et les oiseaux, les insectivores et de nombreux primates et parfois chez les rongeurs; mais, à part quelques rares exceptions, chez aucun autre mammifère. Ils existent en plus grand nombre chez les oiseaux, descendants modernes des dinosaures, ayant été probablement à l'origine des parasites reptiliens de l'ère mésozoïque qui ne survécurent que dans la branche des mammifères d'où sortirent les primates actuels. Leur présence intermittente chez les rongeurs suggère une origine semblable pour ces derniers.

Une situation analogue se trouve chez les oxyures. Si l'on omet l'espèce irrégulière qui habite les équidés, elles semblent se confiner aux primates, lapins (*Léporidés*), rongeurs, reptiles et amphibiens sans oublier deux genres très spécialisés chez la sarigue américaine (*Didelphinés*) et les cobegos (colugo ou «lémur volant») (*Cynocéphales*). Tout en ayant suivi une évolution semblable à celle des parasites paludéens [1, 2], il est clair que leur origine chez les vertébrés est encore plus ancienne car un groupe distinct mais apparenté vit chez les mille-pattes et les insectes — coléoptères scarabéidés et blattes en particulier. Leurs besoins physiologiques particuliers et leur mode de vie cyclique mis à part, tous ont une ressemblance étroite avec les nématodes libres et il est fort possible que l'espèce vivant chez les arthropodes représente une poussée isolée de l'évolution au mésozoïque intermédiaire et ne descende pas de l'ancêtre commun à tous ces vers des vertébrés. Quoi qu'il en soit, leur origine est très ancienne.

On note des faits encore plus remarquables chez les nématodes à bourse (*Strongylidés*) qui comprennent les ankylostomes de l'homme et tirent leur nom de l'appendice ombelliforme à l'extrémité postérieure du mâle. Chez certains la partie antérieure est modifiée de façon à former une ventouse pour sucer les tissus, ordinairement la muqueuse intestinale. Les ankylostomes vivent dans l'intestin grêle mais une famille apparentée — les sclérostomes — existe dans le gros intestin d'un certain nombre d'animaux brouteurs et est ainsi appelée à cause de la grosse ventouse buccale de ses membres les plus connus habitant les chevaux. Tous les sclérostomes ont le même cycle de vie: la femelle pond plusieurs milliers d'œufs qui éclosent à l'air libre et donnent naissance à des larves capables de se nourrir et de se déplacer. Celles-ci après un certain temps, muent, s'arrêtent de grossir et restent plus ou moins immobiles jusqu'au moment où elles sont avalées. La croissance reprend et la larve atteint maturité après avoir pénétré chez un hôte convenable. Les chances de survie sont naturellement faibles et le nombre d'œufs est proportionnellement grand. La possibilité de formation d'espèces mutantes est ainsi accrue et la plupart des animaux infestés de sclérostomes ont aussi un certain nombre d'espèces très voisines.

On rencontre ces vers chez les hôtes les plus inattendus [3, 4]. Les éléphants (*Loxodonta* et *Elephas*), les équidés et les rhinocéros (*Rhinoceros*, *Ceratotherium*, *Diceros*), les marsupiaux australiens [5] en sont le plus abondamment et diversement incommodés; il n'en existe pas chez les sarigues américaines. Deux espèces appartenant aux genres trouvés chez les éléphants et les rhinocéros se rencontrent chez le tapir d'Amérique; par contre le tapir d'Asie en est exempt. Un genre assez isolé (*Eucyathostomum*) vit chez les pécaris (*Tayassu*) du continent sud-américain, les daims (*Mazama*) et l'agouti (*Dasyprocta*), chaque animal portant une espèce différente. Ni les artiodactyles,[1] ni les primates n'ont d'autre sclérostome mais ils hébergent le groupe distinct et plus récent des œsophagostomes qu'on trouve dans les deux Amériques et dans l'Ancien Monde. L'autruche et la rhée sont les seuls oiseaux atteints et les espèces sont très proches. On a découvert aussi trois espèces apparentées chez les tortues sud-américaines (*Testudo*); les autres reptiles n'en ont pas.

Ces faits soulèvent deux points intéressants: la

[1] Les artiodactyles sont des mammifères ongulés ayant un nombre pair de doigts fonctionnels aux pattes de devant et de derrière comme le mouton, le bœuf, la chèvre, l'antilope.

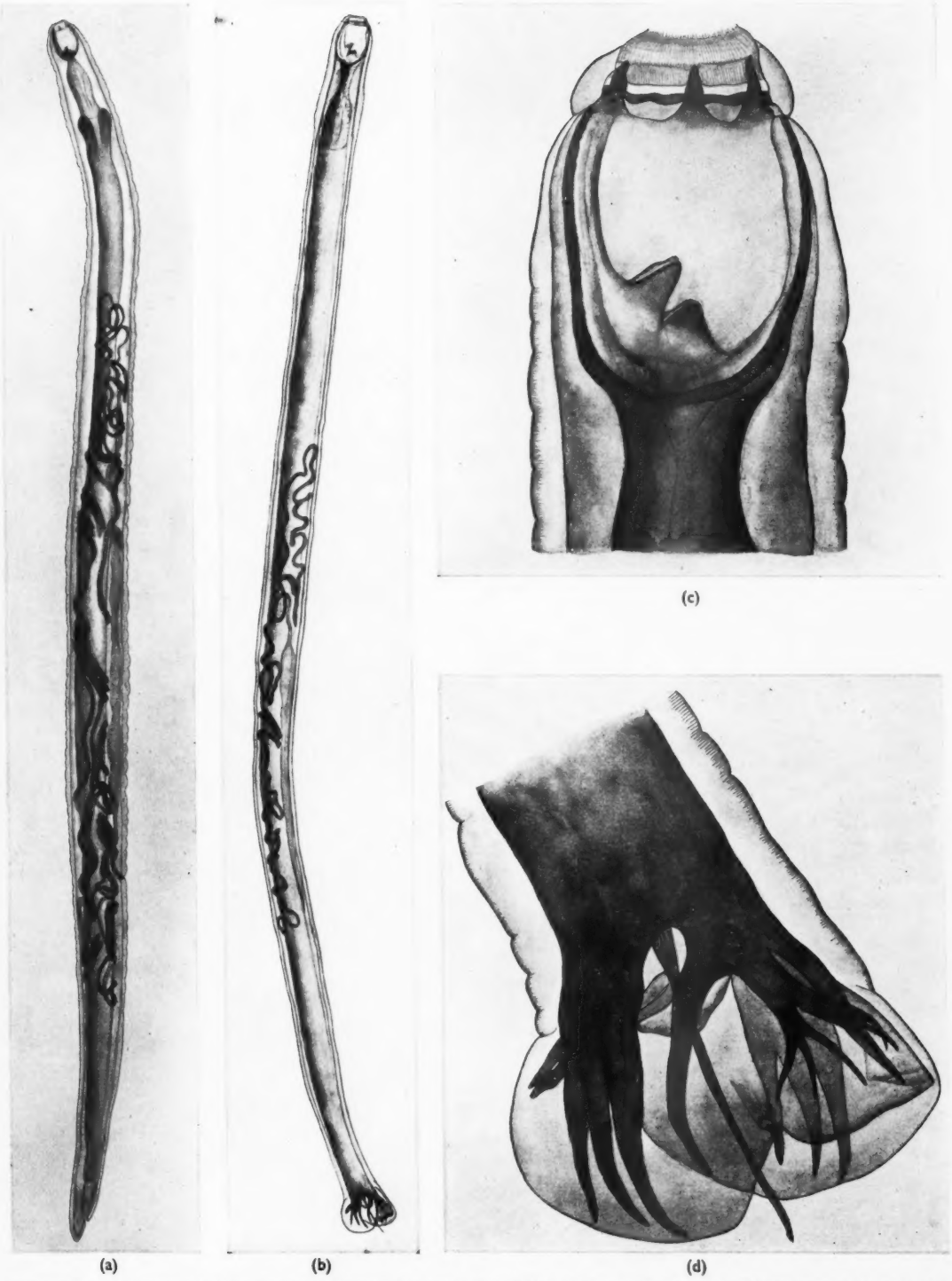


FIGURE 1 – *Sclérostome typique du cheval,* Strongylus equinus. (a) *Femelle complète* (× 6). (b) *Mâle complet* (× 6). (c) *Extrémité antérieure montrant la capsule buccale qui se fixe par succion à la muqueuse et permet au ver de se nourrir de tissu. Le nom sclérostome vient de cet organe* (× 50). (d) *Bourse du mâle, caractère sexuel marqué qui a donné son nom au groupe entier des nématodes à bourse* (× 50).

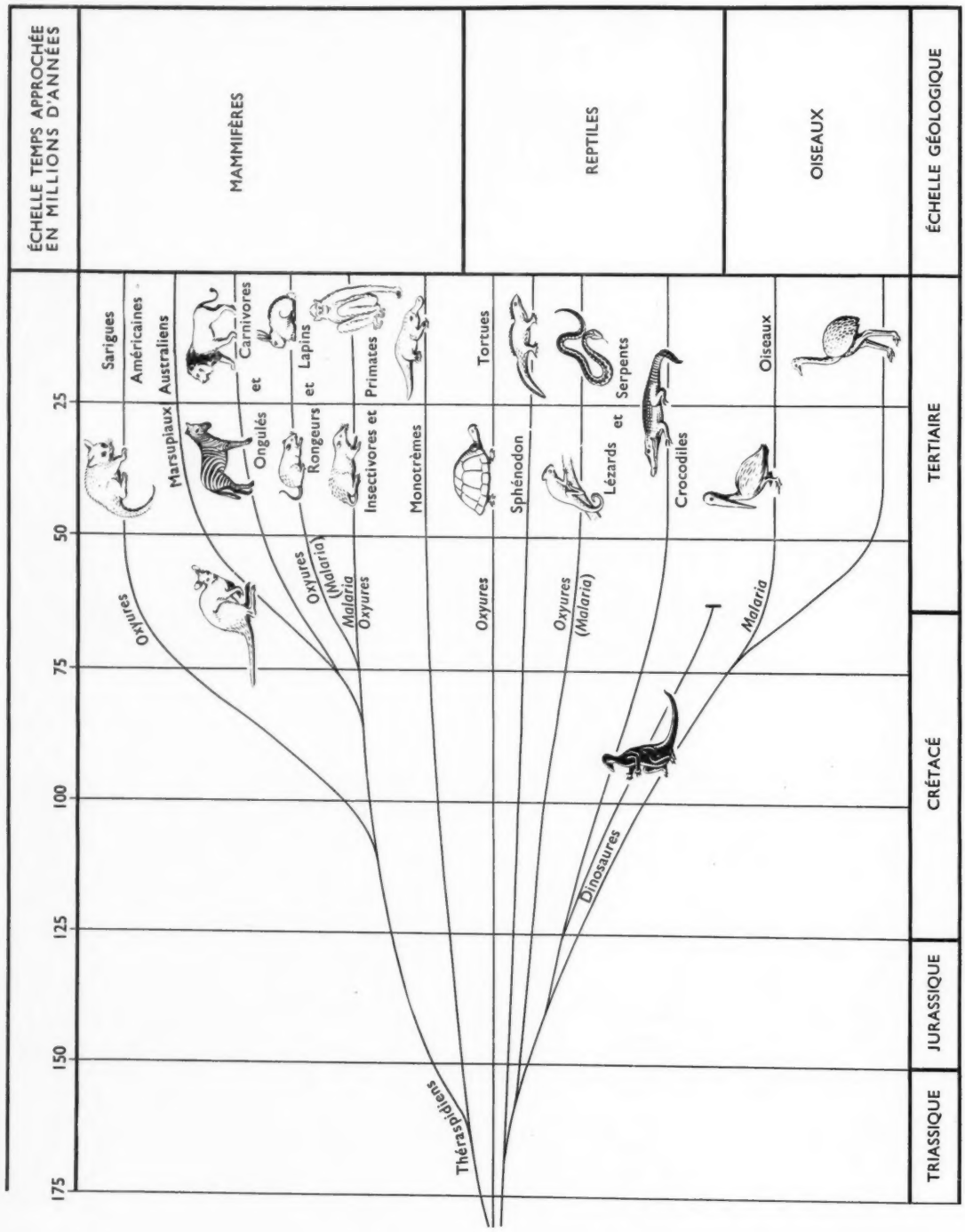


FIGURE 2 – *Evolution et parenté supposées des principaux groupes de vertébrés d'après leurs parasites.*
(L'échelle géologique et la classification des vertébrés suivent Young et Simpson respectivement.)

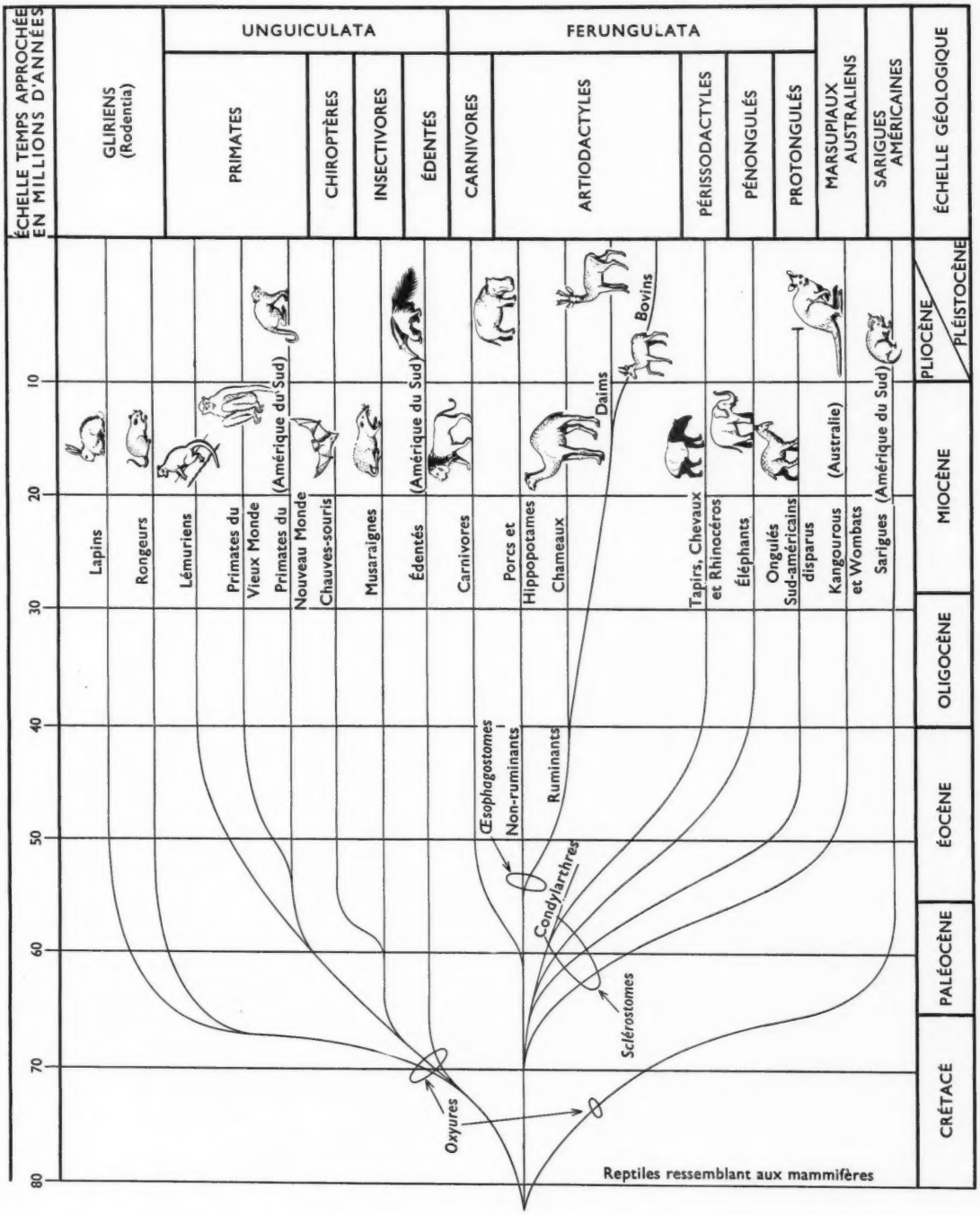


FIGURE 3 – *Evolution et parenté supposées des principaux groupes de mammifères d'après leurs parasites.*

parenté des autruches d'Afrique (*Struthio*) et d'Amérique du Sud (*Rhea*), et des sarigues américaines avec les marsupiaux australiens, mais arrêtons-nous d'abord aux ténias.

Les ténias sont des parasites d'une ancienneté et d'une spécialisation marquées qu'on trouve chez tous les groupes de vertébrés mais qui atteignent leur plus haut degré d'adaptation chez les oiseaux. Leur tube digestif est inexistant et il est même douteux que leurs ancêtres en aient été pourvus. Ils vivent surtout dans l'intestin grêle où ils se nourrissent d'hydrates de carbone non spécifiques tirés des aliments de leur hôte par absorption à travers leur cuticule et de composés nitrogénés spécifiques sécrétés par son intestin. Ils sont donc restreints dans le choix de l'animal porteur surtout parmi les oiseaux où, comme l'ont montré Fuhrmann et d'autres zoologistes [6], chaque ordre (et même parfois chaque sous-ordre) héberge une faune différente de ténias. Cette règle est si absolue qu'elle sert à la classification ornithologique. La faune parasitique reste constante même si un obstacle infranchissable sépare maintenant les hôtes, ce qui fait croire à une contamination des oiseaux antérieure à la grande émigration rayonnante de l'époque tertiaire. En effet, les autruches africaines et les rhées sud-américaines ont une espèce de ténia d'un genre (*Houttuynia*) [7] qu'on ne trouve nulle part ailleurs, tandis que les casoars australiens (*Casuarius*) et les émeus (*Dromaeus*) hébergent des ténias appartenant à un genre cosmopolite (*Raillietina*) représenté dans toutes les zones zoogéographiques.

L'autruche et la rhée ont non seulement des ténias identiques et des sclérostomes très voisins mais leurs autres parasites comprennent deux espèces semblables de poux de plumes: tous sont des organismes différents de ceux qui attaquent les autres oiseaux. On évite difficilement la conclusion d'une origine commune et séparée des ratites australiens tels que l'émeu et le casoar. Leur dispersion se produisit sans doute dans quelque région de l'ancienne Afrique, antérieurement aux autres oiseaux.

Le cas des sarigues et des marsupiaux est moins clair et les résultats de l'enquête parasitologique ne semblent pas concorder avec la croyance générale en la parenté relativement étroite de ces deux groupes; en fait, ils suggèrent exactement le contraire. Les entozoaires des sarigues et des marsupiaux n'ont aucune ressemblance. Les marsupiaux australiens ont 14 genres différents de sclérostomes mais sans doute pas d'oxyure, tandis que les sarigues américaines n'ont aucun sclérostome mais une oxyure bizarre qui est très commune (*Cruzia*). Tous possèdent des ténias d'une famille cosmopolite quelque peu primitive mais d'espèces différentes dont celles d'Amérique du Sud sont les plus anciennes. Les sarigues ont beaucoup de vers en commun avec les édentés et les singes cébidés, ce qui montre la nature relativement peu spécialisée de ces trois groupes et concorde parfaitement avec la notion d'une origine commune des deux premiers, représentants à peine évolués de mammifères très primitifs. Les singes sud-américains seraient les descendants de primates très anciens.

La grande variété de nématodes à bourse chez les nombreux marsupiaux australiens correspond sans doute à l'adoption secondaire du mode de vie terrestre et brouteur car la contamination se fait par l'absorption des larves dans le sol. L'événement se produisit probablement vers la fin de l'éocène et en Australie. Toutefois, comme les ongulés plus anciens, qui n'atteignirent jamais l'Australie, ont une variété considérable de sclérostomes et qu'une origine double de ces vers est invraisemblable, les marsupiaux durent être contaminés avant cette époque. Les rongeurs australiens étant dépourvus de ces parasites, il est très probable que les marsupiaux eurent au moins un habitat commun avec ces ongulés archaïques et sortirent d'une souche qui comprenait des ongulés encore plus anciens plutôt que des sarigues. Le fossile de marsupial le plus primitif que l'on possède date du miocène, mais les proto-marsupiaux venant sans doute d'Asie, durent envahir le continent australien avant cette période bien que les preuves paléontologiques manquent sur le lieu et l'époque. Les marsupiaux sont exempts d'œsophagostomes, ces sclérostomes modifiés que l'on trouve chez les artiodactyles les plus récents et qui ont réussi à s'implanter chez divers autres groupes (primates également) prouvant ainsi leur adaptabilité. Comme les artiodactyles étaient déjà très répandus au début de l'éocène, la contamination aurait très bien pu gagner les proto-marsupiaux s'ils y avaient été exposés. On en conclut que la date limite d'invasion de l'Australie par ces derniers fut la fin du paléocène et que les sclérostomes des périssodactyles,[1] des éléphants et des marsupiaux viennent tous sans doute des condylarthres[2] disparus du paléocène. Les marsupiaux peuvent très bien avoir été des placentaires primitifs qui

[1] Les périssodactyles sont des mammifères ongulés ayant un nombre impair de doigts comme le cheval, le tapir, le rhinocéros.

[2] Ongulés disparus de l'éocène, e.g. *Phenacodus*.

évoluèrent différemment en évitant l'extension du développement utérin du fœtus.

On sait que les condylarthres atteignirent l'Amérique du Sud et que les mammifères originaires de ce continent sont exempts de sclérostomes, mais cela empêche-t-il ces parasites d'être venus des condylarthres ou même de leurs ancêtres ? Les groupes d'ongulés qui descendirent des condylarthres en Amérique du Sud ont maintenant tous disparu et le genre *Eucyathostomum* avec ses trois espèces, un ancien rongeur, un cervidé et un pécari récents, doit peut-être son origine à un de ces ongulés disparus et fut transmis pendant la courte période où les mammifères anciens coexistèrent avec les modernes dans ces pays. Il est même plus vraisemblable qu'il vint d'un mastodonte nord-américain profitant de la réunion des terres à la fin de l'époque tertiaire.

Si donc les marsupiaux australiens et les sarigues américaines ne sont pas des parents voisins — supposition confirmée par l'absence d'espèces australiennes ou similaires fossiles hors d'Australie — des perspectives intéressantes se présentent. La dégénérescence des dents de lait, la présence d'un placenta allantoïdien chez le péramèle, la relation récemment prouvée entre la poche ventrale, le scrotum et les hormones génitales et les positions diverses de la poche chez différents marsupiaux tendent à prouver que ces animaux descendent d'un ancêtre qui allait devenir placentaire. Les marsupiaux australiens sont loin d'être des êtres primitifs et la méthode de naissance des jeunes est au moins aussi spécialisée que celle des placentaires tout en étant d'orientation différente. Son efficacité est aussi grande que celle des placentaires modernes comme la souris, où les petits sont si peu développés qu'ils sont une entrave au déplacement des parents. Le fait que les marsupiaux ont certains points anatomiques plus proches de ceux des reptiles que des placentaires ne prouve pas que tout chez eux doit être plus primitif. De plus, la croyance si répandue aux premiers temps de la doctrine évolutionniste sur l'absence de marsupiaux dans d'autres parties de l'Ancien Monde en est ébranlée: cette absence n'est pas preuve de la supériorité des placentaires; non plus l'introduction récente de ces derniers en Australie et la diminution conséquente des mammifères indigènes; leur destruction est directement ou indirectement l'œuvre de l'homme — nouveau venu dans l'histoire du monde, incapable d'influence destructive au début de l'époque tertiaire mais qui depuis s'est attaqué avec la même force aux placentaires où qu'ils soient.

Ce ne sont là, bien sûr, que des spéculations. La parasitologie comparée est encore dans l'enfance et cette revue brève et superficielle de ses possibilités est forcément incomplète et infructueuse. Le manque de connaissances précises limite sérieusement ses perspectives et seules des études morphologiques plus poussées permettraient de formuler des hypothèses mieux définies. Il faudrait s'attacher particulièrement aux exceptions qui renferment souvent la clé d'une question et prouvent la règle; mais pour cela un enthousiasme plus grand pour les parasites est nécessaire. Toutefois, ces recherches contribuent à faire ressortir la valeur d'une taxonomie exacte et accentuent non seulement le besoin d'une coordination de toutes les branches de la biologie, mais le besoin de synthèse aussi bien que d'analyse dans cette classification. Elles prouvent de plus que les parasites font partie du milieu de leurs hôtes, évoluant avec lui, et qu'une compréhension meilleure de ces relations très intimes aide à démêler les liens enchevêtrés de la parenté zoologique.

BIBLIOGRAPHIE

[1] CAMERON, T. W. M. *J. Helminth.*, **6**, 219, 1929.

[2] *Idem. Trans. roy. Soc. Can.*, 3e série, Section v, **44**, 1, 1950.

[3] BAYLIS, H. A. et DAUBNEY, R. «A Synopsis of the Families and Genera of Nematoda». British Museum (Natural History), Londres. 1926.

[4] YORK, W. et MAPLESTONE, P. A. «The Nematode Parasites of Vertebrates». J. et A. CHURCHILL, Londres. 1926.

[5] JOHNSTON, T. H. et MAWSON, PATRICIA M. *Trans. roy. Soc. S. Aust.*, **64**, 363, 1940.

[6] FUHRMANN, O. *Mém. Univ. Neuchâtel*, **8**, 383, 1932.

[7] BAER, J.-G. «Les Helminthes, parasites des Vertébrés. Relations phylogénétiques entre leur évolution et celle de leurs hôtes». *Ann. sci. Franche-Comté*, 1933.

Le rôle des nucléoprotéines dans la division cellulaire

W. JACOBSON et M. WEBB

Aperçu des recherches récentes sur la composition chimique des tissus cellulaires, notamment sur leurs combinaisons protéiques d'acide désoxyribonucléique du noyau et d'acide ribonucléique du cytoplasme. Certaines expériences ont révélé que les chromosomes contiennent, pendant l'anaphase et la métaphase, de la ribonucléoprotéine en sus de la désoxyribonucléoprotéine. Certains analogues de l'acide folique, ont un effet inhibiteur sur la mitose. Il en résulte que le facteur *Leuconostoc citrovorum*, qui neutralise les inhibiteurs, pourrait bien être un facteur essentiel dans la division des chromosomes.

La croissance d'un organisme vivant dépend de la multiplication de ses cellules. Pour les unicellulaires, division cellulaire équivaut à reproduction — il y a formation de deux individus nouveaux à partir du premier. Cependant, les organismes multicellulaires sont issus d'une cellule primordiale unique (le zygote). C'est la multiplication répétée de cette cellule et de ses descendants qui détermine le développement et la croissance de l'individu.

La forme des cellules constitutives d'un organisme multicellulaire est très variable, puisque les divers tissus sont adaptés à des fonctions spécifiques, et acquièrent ainsi des particularités caractéristiques. Cependant, elles ont toutes des traits communs, observables au microscope, sur des préparations vivantes, ou spécialement traitées, par exemple, fixées ou colorées.

Ce qui complique l'observation anatomique directe des cellules vivantes, c'est qu'en général, leurs structures internes n'absorbent pas la lumière, et sont par suite peu contrastées au microscope ordinaire. L'introduction récente du microscope à contraste de phase [1] est un grand progrès dans les techniques d'examen des cellules vivantes: cette méthode augmente le contraste entre les structures cellulaires.

L'étude de cellules en croissance dans les cultures de tissus a fourni des renseignements intéressants sur les processus de division cellulaire. Dans cette méthode, on transfère de petits morceaux de tissus dans un milieu nutritif contenu dans un récipient de verre approprié, maintenu à la température du corps. Dans ces conditions, certains types de tissus se développent en couches minces, favorables à l'observation directe. De plus, ces cultures présentent en général de nombreuses cellules en division.

La cellule vivante, observée en lumière transmise ordinairement, apparaît comme une masse translucide irrégulière de protoplasme, à l'intérieur de laquelle se trouve un corps pâle, sphérique ou ovale, le noyau. Le noyau est entouré d'une membrane, qui le sépare du cytoplasme environnant. Il contient un fluide clair visqueux, le suc nucléaire, dont on sait très peu de chose, et un ou plusieurs corps sphériques réfringents, les nucléoles. En plus, le microscope à contraste de phase permet d'apercevoir tout juste une série de filaments très fins, les chromonema [2]. Au sein du cytoplasme se trouvent divers corps en forme de bâtonnets ou de sphères, que l'on peut distinguer grâce à leur indice plus élevé. Ce sont les mitochondries, de petites particules ou microsomes [3] et d'autres inclusions, telles que gouttelettes de graisse, grains pigmentaires et vacuoles.

On voit les mêmes structures fondamentales sur les préparations fixées et colorées. La membrane nucléaire apparaît comme une ligne fine, séparant le noyau du cytoplasme. A l'intérieur de cette membrane, on peut mettre les chromonema et les nucléoles en évidence par différentes méthodes de coloration. Certains des colorants utilisés ont une forte affinité pour un groupe de substances chimiques, les nucléoprotéines.

C'est vers la fin du XIXe siècle qu'on a mis les nucléoprotéines en évidence dans les noyaux des cellules animales. En 1871, Miescher [4] a isolé un constituant nucléaire (nucléine) de cellules du pus et de sperme de poisson. Altmann [5] a montré que la nucléine se composait d'un constituant phosphoré, qu'il appelle acide nucléique, associé à une ou plusieurs protéines basiques. A la suite de ce travail, les chercheurs [26] ont généralement admis que les noyaux des cellules animales contenaient de l'acide désoxyribonucléique. Ce sont les recherches de Feulgen et

Rossenbeck [6] cependant, qui ont montré pour la première fois l'importance de l'acide désoxyribonucléique cellulaire. A l'aide d'une réaction colorée spécifique utilisant le réactif de Schiff (fuchsine – acide sulfureux), ils ont montré que les chromonema des cellules inactives contenaient de l'acide désoxyribonucléique. De plus, cette réaction est positive pour les noyaux de cellules végétales, telles que celle du germe de blé: elles contiennent donc également de l'acide désoxyribonucléique. Auparavant, on pensait que les cellules végétales se distinguaient par la présence de l'acide ribonucléique seul dans leurs noyaux.

Après avoir découvert que l'acide désoxyribonucléique n'existait que dans le noyau cellulaire, Feulgen et Rossenbeck ont suggéré que l'acide ribonucléique était localisé dans le cytoplasme. La présence de l'acide ribonucléique dans le cytoplasme de diverses cellules est maintenant bien établie, à la suite d'études chimiques et cytochimiques [7]. Le cytoplasme lui doit ses propriétés «basophiles». Il est intéressant de noter que des expériences de van Herwerden [8] suggéraient dès 1913 une association entre l'acide (ribo-) nucléique et les basophilies du cytoplasme: le traitement de divers types de cellules avec une préparation enzymatique (nucléase), extraite de la rate, détruisait les basophiles cytoplasmiques. Plus récemment, Brachet [9], utilisant simultanément la ribonucléase et des réactifs colorants spécifiques, tels que vert de méthyle et pyronine, a démontré, au cours d'une étude imposante, les relations entre la teneur en acides nucléiques et les propriétés basophiles du cytoplasme.

RECHERCHES SPECTROPHOTOMÉTRIQUES DANS L'ULTRA-VIOLET

Les deux acides, ribonucléique et désoxyribonucléique, sont fortement absorbants dans l'ultra-violet à 2600 Å. Cette absorption est caractéristique des doubles liaisons conjuguées des purines et pyrimidines qui font partie de leurs constituants. Elle permet de déterminer, par photomicrographie dans l'ultra-violet la distribution cellulaire des acides nucléiques et d'autres constituants. Köhler [10] réussissait à photographier en lumière ultra-violette des cellules en division, avec un microscope à lentilles de quartz. Lucas et Stark [11] ont obtenu des photographies ultra-violettes de cellules à diverses étapes de division. Caspersson [12] a mis au point des méthodes de mesure de l'absorption à diverses longueurs d'onde dans l'ultra-violet, et donné ainsi une technique de grande valeur pour étudier la structure cellulaire.

Les méthodes spectroscopiques ne permettent malheureusement pas la distinction entre acides ribo- et désoxyribonucléique, mais on peut tourner la difficulté par l'emploi de divers réactifs colorants. C'est ainsi qu'on pense qu'il y a de l'acide ribonucléique dans le nucléole, parce que ce corps est absorbant dans l'ultra-violet, à une longueur d'onde caractéristique de l'acide nucléique, sans toutefois donner une réaction de Feulgen positive [13]. On arrive à la même conclusion [9] à la suite de l'étude des réactions de coloration, avant et après traitement à la ribonucléase.

Dans les noyaux des cellules animales, la partie protéique de la désoxyribonucléoprotéine est, soit une histone, soit, comme dans les spermatozoïdes de certaines espèces, une protamine. En plus du constituant protéinique basique, on a isolé, à partir de noyaux de cellules au repos, une deuxième protéine, qui contient du soufre [14] et du tryptophane [15, 16]. Cette protéine, qui pourrait constituer une partie des chromonema, est associée à un pourcentage relativement faible d'acide nucléique [17], dont les quatre cinquièmes sont de l'acide ribonucléique.

DIVISION CELLULAIRE

La multiplication cellulaire se fait de même dans la plupart des tissus animaux et végétaux. Il y a d'abord division de la membrane nucléaire, par le mécanisme complexe de la mitose, puis la cellule se divise en deux cellules filles, chacune pourvue d'un noyau.

Voilà soixante-dix ans qu'on a reconnu les traits saillants des changements accompagnant la mitose. La figure 15, tirée de l'*Atlas of Histology* de Klein, publié en 1880, en montre la plupart des étapes essentielles d'une façon presque correcte.

Dans une cellule qui s'apprête à se diviser, le premier changement visible apparaît dans le noyau: Les chromonema s'épaississent et deviennent progressivement plus réfringents (figure 3, *P*). Ces changements caractérisent la prophase de la mitose. Les filaments épais (figures 3 et 4) sont les chromosomes. A cette étape, ils ont des formes variables, filament recourbé ou peloton, ou bâtonnet, suivant le type de cellule. On peut observer dans certains cas que chaque chromosome est double, et se compose de deux minces filaments, les chromatides, alignés l'un contre l'autre sur toute leur longueur (figure 15, *d*). La taille des chromosomes varie suivant l'espèce: en général, ceux des cellules de mammifères et d'oiseaux sont petits, tandis que ceux des cellules d'amphibies sont beaucoup plus grands (comparez les figures

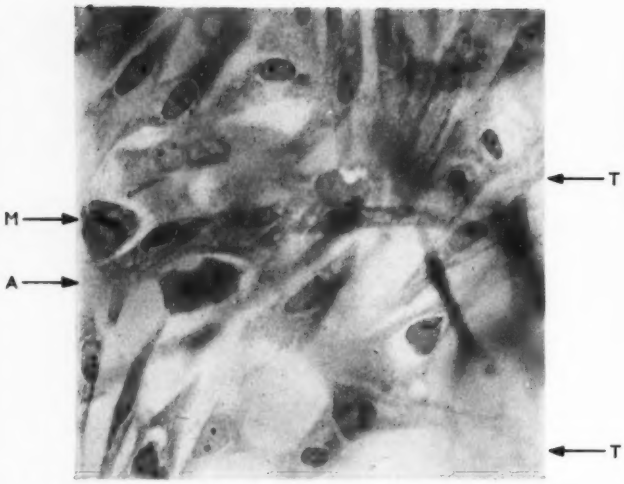


FIGURE 1 – *Nombreuses cellules «au repos». Quatre cellules en cours de division.* M = *métaphase,* A = *anaphase,* T = *télophase. (Deux cellules filles dans chaque télophase.)* (× 425)

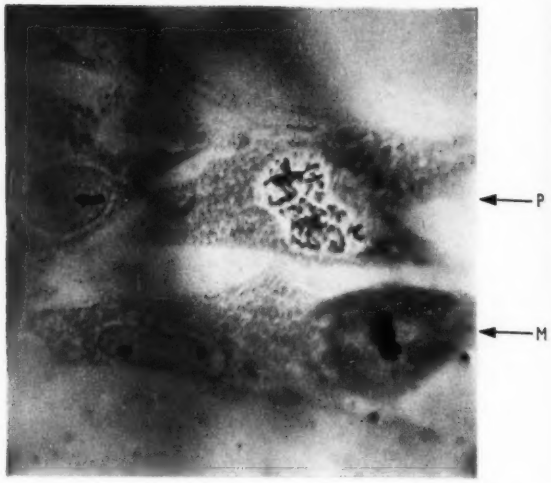


FIGURE 2 – *Dans le noyau prophasique* (P), *la plupart des chromosomes sont violet-rouge, quelques-uns sont bleu-noir.* M = *métaphase (les chromosomes colorés en noir sont vus de côté).* (× 1100)

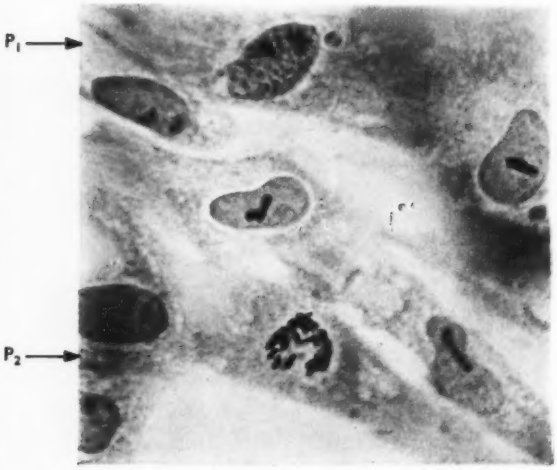


FIGURE 3 – P_1 = *début de la prophase: chromosomes rouge-violet,* P_2 = *fin de la prophase. Presque tous les chromosomes sont bleu-noir.* (× 1100)

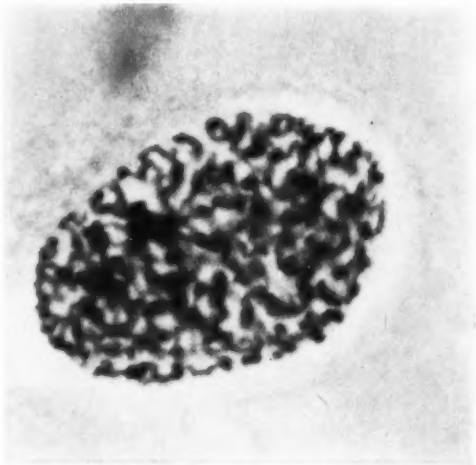


FIGURE 4 – *Début de la prophase d'une cellule amphibie. Quelques chromosomes bleu-noir.* (× 1100)

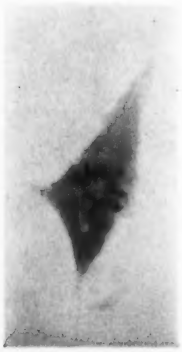


FIGURE 5 – *Métaphase. Vue superficielle: chromosomes bleu-noir.* (× 825)

FIGURE 6 – *Anaphase. Substance bleue entre les deux groupes de chromosomes. Les inclusions cytoplasmiques restent roses.* (× 825)

FIGURE 7 – *Anaphase. Remarquer la substance bleue dans le cytoplasme entre les deux groupes de chromosomes.* (× 1100)

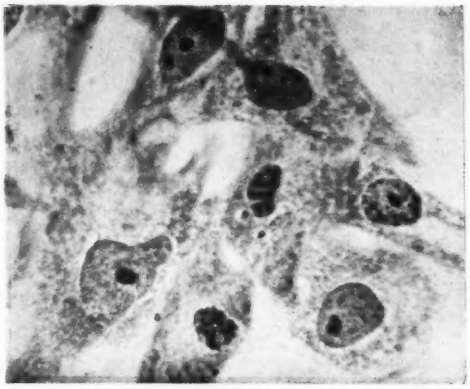


FIGURE 8 – *Les deux cellules avec les petits noyaux sont au stade de la télophase. La plupart des chromosomes sont violet-rouge. Des nucléoles bleus apparaissent dans les deux noyaux.* (× 1100)

FIGURE 9 – *Après digestion par la ribonucléase, le cytoplasme et les nucléoles ne sont plus bleus; les chromosomes métaphasiques sont violet-rouge.* (× 1100)

FIGURE 10 – *Après digestion par la ribonucléase, cytoplasme et nucléoles sont incolores. Les chromosomes de l'anaphase se colorent en violet-rouge.* (× 825)

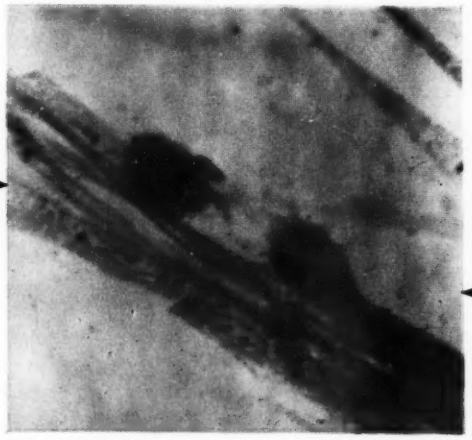


FIGURE 11 – *La digestion (de 45 minutes) par la désoxyribonucléase a éliminé toute la substance se colorant en violet-rouge. Nucléoles et cytoplasme restent bleus. Dans le noyau prophasique* (P), *on ne voit que ceux des chromosomes qui se colorent en bleu. Dans l'anaphase* (A), *les chromosomes sont bleus. Remarquer la substance bleue entre les deux groupes de chromosomes anaphasiques.* (× 825)

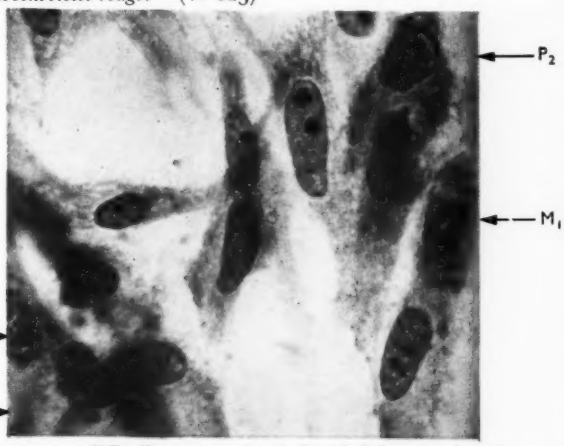


FIGURE 12 – *Effet d'un antagoniste de l'acide folique (aminoptérine, 1 : 2000, pendant 15 minutes). Les chromosomes d'une cellule en métaphase* (M_2) *sont enchevêtrés en amas serrés (comparer avec la métaphase normale, figure 5). Remarquer que ni les cellules en repos, ni celles en prophase* (P_1 *et* P_2) *ou au début de la métaphase* (M_1) *ne sont affectées.* (× 915)

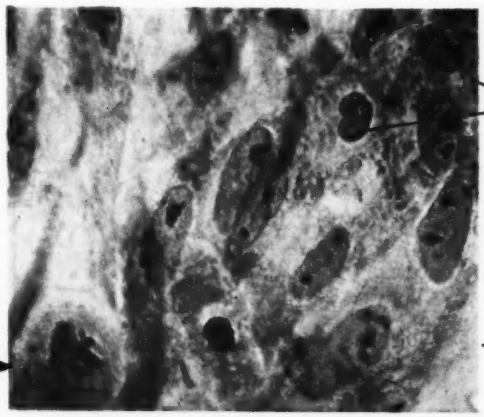


FIGURE 13 – *Effet d'un antagoniste de l'acide folique (aminoptérine, 1 : 2000 pendant 15 minutes).* M_1 *et* M_2 *sont deux cellules en métaphase avec des chromosomes enchevêtrés. Deux cellules filles normales à la fin de la télophase* (T). (× 915)

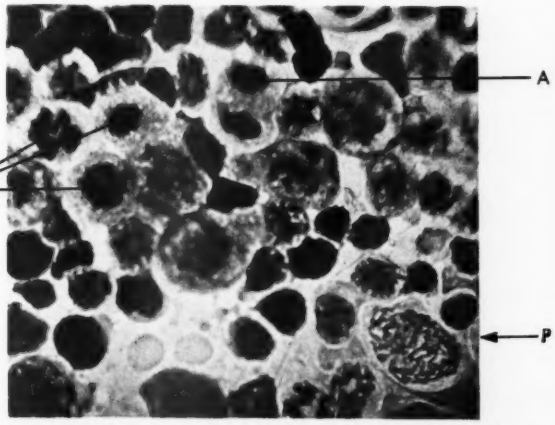


FIGURE 14 – *Moelle d'une souris leucémique, deux heures après l'injection d'1 mg d'aminoptérine. Les cinq cellules avec de grands noyaux ronds sont des cellules leucémiques en repos. Cellules leucémiques en division:* P = *prophase;* M = *un groupe de trois cellules en métaphase, présentant toutes l'enchevêtrement de chromosomes.* A = *anaphase; celles-ci sont devenues assez rares.* (× 915)

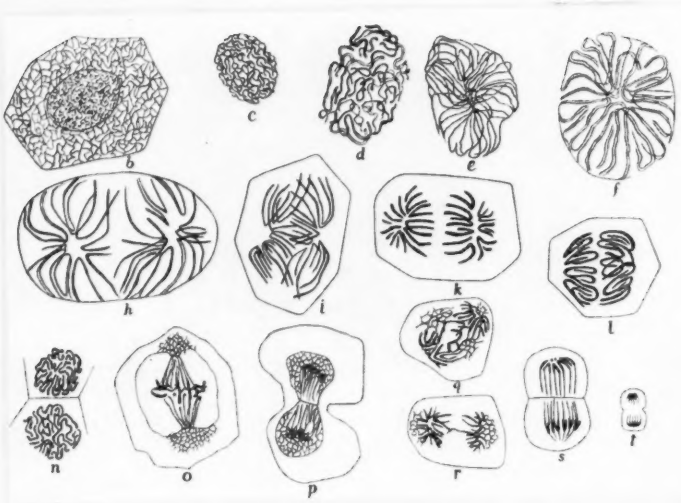
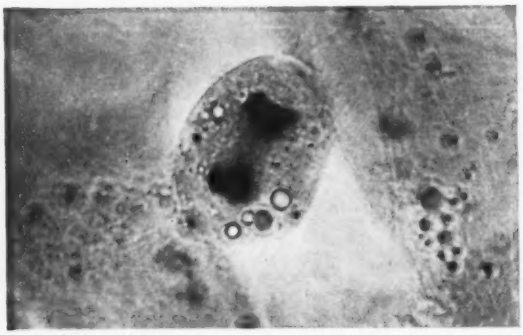
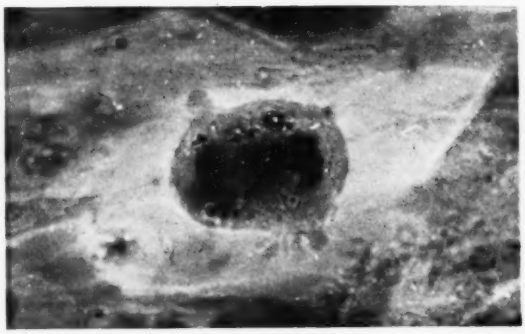


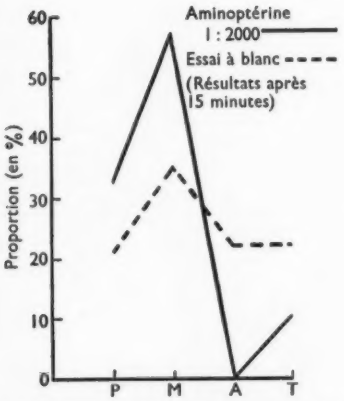
FIGURE 15 – (*à gauche*) – *Premiers dessins de cellules en division (d'après E. Klein).* b–s, *cellules amphibies;* t, *cellules de l'épiderme du mouton;* c *et* d, *noyaux prophasiques;* e, f, o, *noyaux métaphasiques (en* o, *on voit aussi le contour de la cellule); h–l, et p–t différentes étapes de l'anaphase;* n, *télophase. Le grillage fin irrégulier, en* o–r *n'est pas correct.*

FIGURE 16 (*ci-dessous*) – *Photographies ultra-violettes de cellules vivantes d'embryon de poussin en culture. Il y a, dans les deux cellules anaphasiques, une quantité accrue de substance absorbante dans l'aire cytoplasmique que les chromosomes ont traversée.* (× 1500 *environ*)

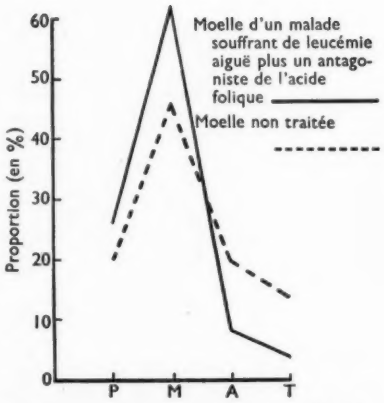
[*Nous remercions pour ce cliché le Dr. H. G. Davies, Biophysics Research Unit, King's College, Londres.*]



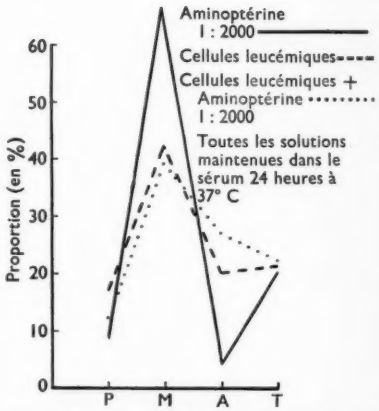




COURBES I – *Distribution en % des cellules prophasiques* (P), *métaphasiques* (M), *anaphasiques* (A), *et télophasiques* (T), *chez des cellules vivantes, de tissus en culture.*



COURBES II – *Distribution en % des quatre phases de la mitose de cellules leucémiques en division chez un malade atteint de leucémie aiguë.*



COURBES III – *Distribution en % des quatre phases de la mitose chez des cellules de tissus en culture. On a obtenu les trois courbes après avoir traité les cellules respectivement avec l'aminoptérine* (———), *la solution surnageante au-dessus d'une suspension de cellules leucémiques* (------), *et un mélange des deux* (·····). *L'aminoptérine s'est trouvée inactivée par les cellules leucémiques.*

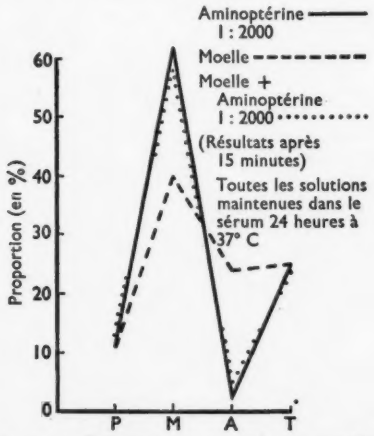
es
es
is
c-
la
n-
un
ne
é-

3 et 4). Pendant que les transformations de la prophase s'accomplissent dans le noyau, la cellule tend à prendre une forme arrondie.

A la fin de la prophase, la membrane nucléaire disparaît (figure 3, P_2), et les chromosomes, libérés dans le cytoplasme commencent à se diriger vers le plan équatorial de la cellule. C'est le début de la deuxième étape de division cellulaire, la métaphase, également caractérisée par la disparition du noyau (figure 1, *M*, figure 2, *M*, et figure 5).

Pendant la métaphase, les chromosomes continuent de se contracter, de s'épaissir, et de se disposer horizontalement sur un plan équatorial de la cellule. A ce moment-là, les aires du cytoplasme situées au-dessus et au-dessous du plan équatorial se sont orientées pour donner ce que l'on appelle le fuseau, que l'on voit sur la figure 2 comme une surface claire de chaque côté du groupe de chromosomes. Sur certaines préparations fixées, le fuseau présente des filaments fins, qui convergent vers le pôle de chaque cellule. L'examen en lumière polarisée de cellules vivantes révèle une orientation longitudinale des molécules protéiques sur cette aire [18].

Au cours de l'étape suivante, dite anaphase, les deux chromatides constituant chaque chromosome se séparent longitudinalement et deviennent indépendants. Les chromatides séparés, ou chromosomes fils, comme on les appelle maintenant, se déplacent le long des fibres du fuseau dans la direction des pôles de la cellule; (figures 6 et 7; voir aussi figure 15, *h–l*, et *p–t*). En même temps, la cellule s'étire longitudinalement; ce mouvement ne demande que quelques minutes. A la fin de l'anaphase, chaque groupe de chromosomes peut se trouver rassemblé en un tas serré, autour duquel se reforme une membrane nucléaire; les chromosomes perdent leur forme contractée, et les nucléoles réapparaissent dans chaque noyau fils (figures 1, *T* et figure 8). Pendant l'étape finale de la mitose, la télophase, le cytoplasme se divise par constriction dans le plan équatorial, et ainsi se forment deux cellules filles.



COURBES IV – *Comme pour 3, mais en remplaçant les cellules leucémiques par de la moelle normale. L'effet de l'aminoptérine n'est pas modifié.*

NUCLÉOPROTÉINES DES CHROMOSOMES

L'aspect cytologique de la mitose est désormais assez clair, mais on sait peu de chose sur les transformations chimiques et les réactions enzymatiques associées à la division cellulaire. On a suivi le comportement des nucléoprotéines pendant la mitose par les méthodes cytochimiques et par les techniques d'absorption ultra-violette. On a interprété le fait d'observation cytologique, que les chromonema du noyau au repos donnaient naissance aux chromosomes prophasiques comme une condensation de la désoxyribonucléohistone à partir d'un état dispersé sur les chromonema en contraction. Quant aux changements de structure des chromosomes observables pendant la télophase, ils seraient dus à la redispersion de la nucléohistone. On ne comprend pas très bien les détails de ces changements, de même que la disparition des nucléoles dans la prophase, et leur réapparition dans chaque noyau fils dans la télophase.

On a mis en évidence la présence, durant la mitose, de ribonucléoprotéines, au cours de la métaphase et de l'anaphase, dans les chromosomes des cellules de certaines plantes et d'invertébrés, comme dans les cellules de l'œuf de certains amphibies [19–22]. Les auteurs du présent article ont étudié le comportement des ribonucléoprotéines au cours de la division des cellules chez les Oiseaux et les Mammifères [23]. Au cours de ce travail, on a remarqué que le traitement aux réactifs de May-Grünwald et de Giemsa, colore en violet-rouge les structures du noyau au repos qui contiennent des désoxyribonucléoprotéines, tandis que les nucléoles et le cytoplasme qui contiennent des ribonucléoprotéines, prennent une teinte bleue. Mais, pendant la mitose, seuls les chromosomes prophasiques et télophasiques se colorent en violet-rouge, comme les chromonema des noyaux au repos, tandis que les chromosomes de la métaphase et de l'anaphase apparaissent bleu-noir. Ce résultat indique que les chromosomes de la métaphase et de l'anaphase contiennent quelque autre constituant, en plus de la désoxyribonucléoprotéine. Les expériences suivantes ont

montré que ce composé supplémentaire était une ribonucléoprotéine:

1. Des échantillons isolés de ribo- et de désoxyribonucléoprotéine, étendus sur une lamelle, et traités comme le tissu se colorent respectivement en bleu et rouge-violet.
2. Les cellules sont soumises à une digestion par (*a*) la désoxyribonucléase, (*b*) la ribonucléase. Ces enzymes dépolymérisent spécifiquement, et donc solubilisent les nucléoprotéines correspondantes. On trouve que, sous l'effet de la désoxyribonucléase, les matières à l'origine de la coloration rouge-violet des chromonema et des chromosomes prophasiques et télophasiques disparaissent, tandis que les chromosomes de la métaphase et de l'anaphase apparaissent bleu-vif (figure 11). Au contraire, la ribonucléase élimine du cytoplasme et des nucléoles toute la matière qui se colore en bleu, et les chromosomes dans la métaphase et l'anaphase se colorent en violet-rouge, comme ceux de la prophase et de la télophase (figures 8 et 9). On en a donc conclu que les chromosomes dans la métaphase comme dans l'anaphase, contenaient les deux types de nucléoprotéines.

On a également remarqué que l'aire du cytoplasme, par où les deux groupes de chromosomes anaphasiques ont passé se colore en un bleu plus sombre qu'aucune autre partie du cytoplasme, comme si les chromosomes anaphasiques commençaient à se débarrasser de leur nucléoprotéine pendant qu'ils traversent le cytoplasme (figures 1, 6, 7 et 11). Les fibres du fuseau qui ne contiennent pas de ribonucléoprotéine apparaissent comme des filaments incolores au sein de la matière colorée en bleu. Récemment, Davies [25] a réussi à enregistrer chez la cellule vivante la présence de quantités accrues de substances absorbantes dans l'ultra-violet dans l'aire cytoplasmique qu'avaient traversée les chromosomes anaphasiques (figure 16). Lorsqu'au cours de la télophase, les membranes nucléaires se reforment autour des deux groupes de chromosomes, on peut encore mettre en évidence la substance qui se colore en bleu, dans le cytoplasme, à l'extérieur du noyau.

L'apparition de ribonucléoprotéine sur les chromosomes, et le transfert possible de cette substance dans le cytoplasme a peut-être une importance biologique considérable; on l'a étudié plus en détail. Pendant la prophase, juste avant la disparition de la membrane nucléaire et du nucléole, il y a déjà de petites surfaces sur certains chromosomes qui se colorent en bleu-noir, tandis que d'autres parties des mêmes chromosomes sont encore colorées en violet-rouge. Il est donc peu vraisemblable qu'il y ait adsorption de ribonucléoprotéine sur les chromosomes, et il ne serait pas raisonnable d'admettre que toute la ribonucléoprotéine des chromosomes provient de celle des nucléoles. Il faut tenir compte de la possibilité que les chromosomes effectuent la synthèse de cette substance.

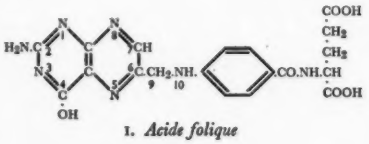
LES FACTEURS CHIMIQUES DANS LA DIVISION CELLULAIRE

On sait très peu de chose sur le rôle de composés chimiques déterminés au cours de la division cellulaire. Des observations récentes sur le mode d'action des antagonistes de l'acide folique ont éclairci quelque peu ce problème.

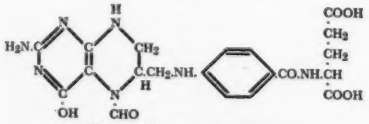
L'acide folique (formule I) est une vitamine essentielle à la croissance normale de l'animal tout entier.

De plus, une quantité insuffisante fait baisser le nombre des globules rouges et blancs. Certains analogues ont un effet antagoniste, dû à ce qu'ils gênent sa fonction normale. Ce sont, par exemple, l'acide 4-amino-folique ou aminoptérine (formule III), et acide 4-amino-10-méthyl-folique, ou A-méthoptérine (formule IV). Ces composés ont un usage clinique, car ils peuvent amener un soulagement temporaire, dans le cas de leucémie aiguë.

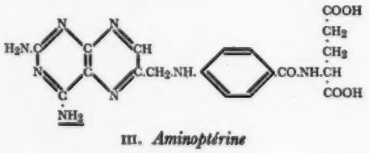
Les antagonistes de l'acide folique empêchent



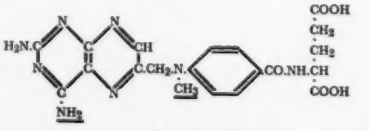
I. *Acide folique*



II. *Facteur Leuconostoc citrovorum*



III. *Aminoptérine*



IV. *A-méthoptérine*

les cellules en division d'achever la mitose: elles sont arrêtées au stade de la métaphase (courbes 1), leurs chromosomes n'arrivent pas à se scinder, et forment un amas compact au milieu de la cellule (figures 13 et 14). Cette action est presque instantanée, pourvu qu'on utilise l'antagoniste à une concentration suffisante. Les premières étapes de la division ne sont pas influencées, et les cellules commencent la mitose à une cadence normale; de même, les cellules inactives ne semblent pas modifiées.

Si l'on traite des cellules simultanément avec l'acide folique et avec un inhibiteur, des concentrations, même élevées d'acide folique ne peuvent contrecarrer l'action inhibitrice de l'analogue. Ceci montre que ce n'est pas la fonction de l'acide lui-même qui est bloqué. Toutefois, un dérivé de l'acide folique, le facteur *Leuconostoc citrovorum*, acide 5-formyl-tétrahydro-folique, formule II, est capable de neutraliser l'inhibition mitotique due aux antagonistes de l'acide folique [24].

Ces expériences permettent de conclure que la fonction du facteur *Leuconostoc citrovorum* est essentielle au dédoublement chromosomique, et que le passage de l'anaphase à la métaphase ne peut s'effectuer en son absence. Il est intéressant de remarquer que l'apparition de ribonucléoprotéine sur les chromosomes n'est pas influencée par les antagonistes de l'acide folique, et que les chromosomes de la métaphase arrêtée conservent leur ribonucléoprotéine.

On a dit ci-dessus que les antagonistes de l'acide folique peuvent réprimer la leucémie momentanément chez certains malades, en arrêtant à la métaphase les cellules leucémiques en cours de division (courbes 2). Parfois, cependant, la mitose des globules blancs non-adultes n'est pas influencée par les antagonistes. Les expériences suivantes peuvent jeter quelque lumière sur cette résistance. Si des globules leucémiques (10 mg) provenant d'une souris atteinte de leucémie expérimentale, sur laquelle les antagonistes de l'acide folique n'ont pas d'action, sont incubés *in vitro* avec de l'aminoptérine (1 mg), l'antagoniste est transformé en un composé inactif. On peut le montrer en essayant le liquide surnageant sur des cellules en division qui se développent *in vitro* (courbes 3). D'autre part, l'aminoptérine, en incubation avec la même quantité de moelle normale reste inchangée: le milieu incubé a un effet inhibiteur sur des cellules en division dans les cultures de tissus (courbes 4). La recherche d'antagonistes que les cellules leucémiques ne peuvent changer si facilement serait un des premiers objectifs dans la lutte contre cette maladie encore incurable.

Note sur les figures. Toutes les cellules sont traitées aux réactifs de May-Grünwald et Giemsa. Les noyaux des cellules au repos paraissent violet-rouge, les nucléoles (dans les noyaux), sont bleus. Le cytoplasme paraît bleu.

Les cellules des figures 1–3 et 5–13 sont celles d'un embryon de poussin (ostéoblastes), cultivées pendant 24–48 heures. La figure 4 représente une cellule d'amphibie d'une culture de tissu pulmonaire du triton, *Triturus cristatus* (due à l'amabilité du Dr. J. N. Boss).

BIBLIOGRAPHIE

[1] ZERNIKE, F. *Physica,'s Grav.*, **9**, 686, 1942.

[2] FELL, H. B. et HUGHES, A. F. W. *Quart J. micr. Sci.*, **90**, 37, 1949.

[3] CLAUDE, A. *J. exp. Med.*, **84**, 51 et 56, 1946.

[4] MIESCHER, F. *Hoppe-Seyl. Med.-Chem. Untersuch.*, 441, 1871.

[5] ALTMANN, R. *Arch. Anat. Physiol., Lpz.* Abt. 524, 1889.

[6] FEULGEN, R. et ROSSENBECK, H. *Hoppe-Seyl. Z.*, **135**, 203, 1924.

[7] DAVIDSON, J. N. *Ann. Rep. chem. Soc. (Lond.)*, **42**, 240, 1945.

[8] VAN HERWERDEN, M. A. *Arch. Zellforsch.*, **10**, 431, 1913.

[9] BRACHET, J. *C. R. Soc. Biol., Paris*, **83**, 88, 1940.

[10] KÖHLER, A. *Z. wiss. Mikr.*, **21**, 129 et 275, 1904.

[11] LUCAS, F. F. et STARK, M. B. *J. Morph.*, **52**, 91, 1931.

[12] CASPERSSON, T. *Skand. Arch. Physiol.*, **73**, Suppl. 8, 1936; *Chromosoma*, **1**, 147, 1939; *J. R. micr. Soc.*, **60**, 8, 1940.

[13] CASPERSSON, T. et SCHULTZ, J. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.*, **26**, 507, 1940.

[14] MEYER, D. T. et GULICK, A. *J. biol. Chem.*, **146**, 433, 1942.

[15] STEDMAN, E. et STEDMAN, E. *Symp. Soc. exp. Biol.*, No. 1, 232, Cambridge University Press, Londres, 1947; *Cold Spr. Harb. Symp. Quan. Biol.*, **12**, 224, 1947.

[16] MIRSKY, A. E. et POLLISTER, A. W. *J. gen. Physiol.*, **30**, 117, 1946.

[17] MIRSKY, A. E. et RIS, H. *Ibid.*, **31**, 1, 1947.

[18] SWANN, M. M. *J. exp. Biol.*, **28**, 417, 1951.

[19] BRACHET, J. «Embryologie Chimique». Masson et Cie, Paris. 1945.

[20] FROLOVA, S. L. *J. Hered.*, **35**, 235, 1944.

[21] KAUFMAN, B. P., MCDONALD, M. et GREY, H. *Nature*, **162**, 814, 1948.

[22] TURCHINI, J. *Exp. Cell Res.*, Suppl. 1, 105, 1949.

[23] JACOBSON, W. et WEBB, M. *J. Physiol.*, **112**, 2P, 1951; *Exp. Cell Res.*, **3**, 163, 1952.

[24] JACOBSON, W. *J. Path. Bact.*, **64**, 245, 1952; «Biology of Mitosis», 13ème Conférence sur les problèmes du vieillissement. Josiah Macy Jr. Foundation, New York. 1951.

[25] DAVIES, H. G. *Exp. Cell Res.*, **3**, 453, 1952

[26] TIPSON, R. S. *Advanc. Carbohydr. Chem.*, **1**, 193, 1945.

Organismes ferrugineux

E. G. PRINGSHEIM

Les organismes ferrugineux ont la faculté d'excréter des composés ferriques qui se déposent autour d'eux et donnent à leur milieu une couleur ocrée. Très nombreux, ils présentent également une grande diversité, comprenant des bactéries aussi bien que des algues. Il ressort des expériences décrites ici que chez la plupart des organismes ferrugineux c'est l'oxydation de sels ferreux ou manganeux qui fournit l'énergie nécessaire au métabolisme. Ces organismes vivent en milieux très variés, mais jamais dans l'eau de mer.

Parmi ces organismes, le premier qui fut décrit d'une façon satisfaisante est *Crenothrix polyspora*, découvert par Cohn [5], le fondateur de la bactériologie scientifique, dans des sources dont l'eau était rendue inutilisable pour la consommation par un trouble floconneux brun. Cohn ne se contenta pas de donner une diagnose satisfaisante et une description du cycle de vie de la bactérie mais il utilisa pour la première fois sous le microscope la réaction au Bleu de Prusse à l'aide du ferrocyanure de potassium et de l'acide chlorhydrique. Le premier emploi de réactions microchimiques en physiologie des plantes est dû à Sachs [19]. La réaction au Bleu de Prusse remplit à la perfection les conditions d'un tel test puisqu'elle différencie même les structures les plus fines en donnant des intensités de coloration variables avec la concentration des composés ferriques présents (figure 1).

L'importance des méthodes biologiques en hygiène des eaux potables fut mise en évidence par Cohn et ses élèves, mais le rôle biochimique des organismes ferrugineux resta ignoré jusqu'à ce que parut la célèbre publication de Winogradsky *Über Eisenbakterien*. Le titre marque un nouveau progrès, postulant l'existence d'un groupe biologique de bactéries caractérisées par leurs relations avec le fer. Cette notion était basée sur des expériences de cultures ayant montré que de telles bactéries ne réclament presque pas d'aliments organiques et amenant Winogradsky à conclure à l'utilisation de l'énergie chimique libérée par le passage du fer de l'état ferreux à l'état ferrique. Il établissait ainsi qu'elles sont chimio-autotrophes, concept d'une grande importance, mis en évidence par Winogradsky lui-même et vérifié par d'autres auteurs pour des groupes divers de microorganismes, mais qui n'est pas encore définitivement admis pour les organismes ferrugineux.

Bien que la publication de Winogradsky de 1888 soit documentée et convaincante elle semble avoir été trop brève pour que les conclusions en soient généralement admises. Molisch [13, 14] apporte une contradiction formelle; ayant réussi à obtenir la croissance d'une bactérie ferrugineuse en culture pure, et à démontrer qu'elle peut vivre en gros de la même manière que les autres bactéries il conclut à tort que Winogradsky s'était trompé.

En plus des bactéries, il existe d'autres organismes déposant du fer parmi les flagellés et les algues et on leur a consacré un grand nombre de travaux descriptifs. Pour les désigner tous le terme général d'organismes ferrugineux proposé par Gaidukov semble approprié. On a malheureusement donné des noms à beaucoup de formes sans connaissance suffisante de leur nature réelle, leurs dépôts minéraux ou leurs incrustations étant beaucoup plus expressifs et durables que les délicats organismes eux-mêmes. Il existe donc une vaste littérature [1, 7, 8, 15] décrivant des structures dont la relation avec des espèces définies n'est pas toujours connue. D'autre part, Cholodny [2, 3], Pascher et beaucoup d'autres ont donné des descriptions soigneuses d'organismes donnant des dépôts inorganiques bruns contenant du fer et de la manière suivant laquelle ces dépôts sont exsudés et construits. Cholodny a montré par la simple observation que les structures connues sous le nom de *Gallionella* et sous d'autres noms sont seulement des excrétions d'une bactérie en forme de pois.

MORPHOLOGIE

Les organismes ferrugineux en tant que groupe écologique sont, en dépit de leur diversité taxonomique reliés par leur capacité à déposer sur leur surface des structures morphologiquement définies principalement composées de matériaux inorganiques et comprenant un fort pourcentage de composés ferriques. La propriété de se modifier beaucoup sous l'influence des conditions ambiantes, qu'ils paraissent avoir en commun est liée à

leur propriété d'exister sans produire ces dépôts; sous ce nouvel état, ils ont d'ailleurs souvent été pris à tort pour des organismes tout différents. Les dépôts caractéristiques sont donc, contrairement aux hypothèses précédentes, des parties non-essentielles et l'on a pu montrer que leur formation dépend de facteurs non directement reliés à des processus métaboliques indispensables. Ceci explique leur extraordinaire variabilité sans effet marqué sur la croissance.

Entre les différents organismes, la variété des formes de dépôts est aussi importante que la diversité taxonomique. Parmi les bactéries ces dépôts se présentent sous forme d'une gaine tubuleuse dans le genre *Sphaerotilus* (figures 2, 3) et *Crenothrix*, comme des pédoncules rubannés chez *Gallionella* (figure 4) et comme des capsules arrondies enfermant des cellules isolées ou groupées chez *Sideromonas*. Les thalles des Myxophycées (Algues bleues) ont parfois une gaine ferrugineuse et d'autres algues filamenteuses, particulièrement les Hétérokontées, adsorbent le fer sur leurs crampons tandis que quelques Chlorophycées le déposent sur leurs parois cellulaires. La plus grande variété se rencontre chez les Flagellés. Les Euglénidés et les Chlamydomonadacées et d'autres ont des gaines presque complètement composées de précipités inorganiques. *Anthophysa*, *Siderodendron*, etc., produisent des tiges branchues ressemblant en quelque sorte à celles de *Gallionella*, tandis que *Bikosoeca*, et d'autres ont des enveloppes en forme de gobelets de composés ferrugineux autour de leurs cellules nues (figure 1).

Chez tous ces organismes il existe, pour une seule et même espèce une grande variété d'aspects suivant les conditions. *Sphaerotilus natans* Kütz., par exemple, se développe en grands amas sur des substrats solides couverts par l'eau courante boueuse. Ces amas sont composés de filaments de cellules bactériennes maintenues ensemble par une gaine tubulaire gélatineuse. Cette gaine peut se liquéfier laissant des colonies analogues à celles des *Pseudomonas* (figure 3). Le même organisme se développe sous une forme tout à fait différente dans les eaux tranquilles contenant peu de matières organiques; il forme alors des structures filamenteuses ramifiées dont l'enveloppe n'est pas gélatineuse. Ces structures ont reçu le nom de *Cladothrix dichotoma* [6]. Une troisième forme apparaît en présence de composés ferreux et de très peu de substances organiques; les gaines deviennent alors friables et vitreuses, par dépôt d'hydroxyde ferrique sous une forme solide colloïdale. C'est l'ancien *Leptothrix ochracea* qui apparaît coloré en ocre quand il se trouve en grandes quantités, mais n'est jamais brun sous le microscope comme la forme voisine *Sphaerotilus discophorus*.

Le flagellé colonial *Anthophysa vegetans* Stein (figure 5, à gauche) ne se trouve pas toujours en amas sphériques pédonculés comme le figure son auteur. Dans l'eau déficiente en fer et manganèse il peut produire des colonies sphériques non pédonculées nageant librement, auxquelles on a donné le nom de *Monas sociabilis* Meyer, ou sous forme de cellules isolées par décomposition des colonies; ce serait alors un *Heterochromonas* Pascher s'il dérive de la variété avec un stigma ou un *Monas* s'il dérive d'une variété ne possédant cette structure.

Les *Trachelomonas* (figure 6) possèdent une enveloppe rigide sphérique, ovoïde ou plutôt allongée autour d'une cellule euglénoïde; elle est ordinairement brune par adjonction de manganèse à la matrice ferrique. Quand le fer et le manganèse manquent, ces dépôts inorganiques ne se forment pas, bien que ceci n'affecte pas beaucoup la vitalité des organismes; le corps cellulaire est alors seulement recouvert d'une membrane délicate incolore, déformable de matière organique. Il possède encore le même aspect que la forme normale avec son enveloppe brune mais dans des conditions défavorables on trouve des cellules complètement nues avec une forme plus allongée et très variable.

Des diversités en apparence semblables à celles des quelques exemples cités s'observent chez les autres organismes ferrugineux quand on les cultive, alors que dans la nature les diverses variations ne pourraient être identifiées comme dérivant d'un même organisme.

PHYSIOLOGIE

La théorie de Winogradsky de l'utilisation de l'énergie chimique par les bactéries ferrugineuses [21, 22] est fondée sur l'observation de certaines espèces, et surtout de celle que nous nommons maintenant *Sphaerotilus discophorus* [17], qui se développent dans des solutions de bicarbonate ferreux contenant très peu de matières organiques. La difficulté technique due à l'instabilité des composés ferreux en présence de l'oxygène nécessaire aux organismes a longtemps empêché la réalisation d'un travail expérimental satisfaisant sur l'autotrophie des bactéries ferrugineuses. Cependant, on a obtenu quelque succès dans le cas de *Gallionella ferruginea* [11, 20] en utilisant le fer métallique dans une solution nutritive inorganique diluée enrichie avec du gaz carbonique, mais le

fer le plus pur donne les cultures les moins réussies [20], tandis que les limailles de fer commerciales contenant du carbone peuvent fournir des hydrocarbures au contact de l'eau.

En vue de surmonter les difficultés expérimentales venant de l'instabilité des composés ferreux, Molisch [14] et Lieske [12] ont utilisé les sels manganeux plus stables tablant sur le fait que chimiquement similaires ils doivent se substituer aux composés ferreux correspondants. Molisch a même utilisé ce remplacement contre Winogradsky malgré son emploi de préparations plutôt mal définies telles que le «peptone manganèse» et son échec après utilisation du premier stock quand il essaya d'en utiliser d'autres. Les cultures de Lieske avec de l'acétate manganeux eurent aussi des succès très variables. Comme nous le savons maintenant [16–18] la raison en est que le remplacement du fer par le manganèse ne se fait réellement pas. La plupart des organismes ferrugineux demandent à la fois les deux métaux lourds; peu utilisent le fer seul et il est douteux qu'aucun puisse se contenter du dernier. Les échecs de Molisch et de Lieske peuvent être dus à des absences fortuites de traces de composés ferreux qui sont nécessaires.

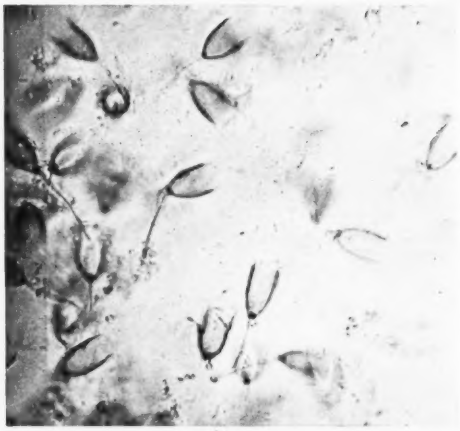
Beaucoup d'interprétations fausses de la physiologie des organismes ferrugineux ont eu pour cause le postulat habituel que les composés ferrugineux sont totalement responsables de la couleur brune des dépôts biologiques. Les dépôts, il est vrai, donnent régulièrement une réaction ferrique, mais leur couleur est due à une adjonction de composés manganiques, probablement MnO_2 ou Mn_2O_3; les composés ferriques ne sont pas si profondément colorés et en fait ne montrent presque aucune coloration en couche mince. Quand ils sont seuls présents comme dans les tubes de *Sphaerotilus natans*, on peut seulement voir sous le microscope une faible coloration jaunâtre.

La raison pour laquelle les sels manganeux ne peuvent être utilisés seuls pour la croissance des organismes ferrugineux est probablement à chercher dans le fait qu'aux concentrations en ions hydrogène où ces organismes peuvent vivre l'oxydation des composés manganeux ne se fait presque pas; en présence de composés ferreux ou organiques, ceux-ci sont oxydés par l'oxygène moléculaire et probablement un des atomes est d'abord utilisé, l'autre restant sous une forme activée pour oxyder les ions manganeux. Les deux métaux vont souvent de pair dans la nature, mais la pureté des minerais sédimentaires est due partiellement au fait qu'étant un produit de *Sphaerotilus natans* ils ne contiennent pas de composés manganiques; cet organisme, en petites quantités, ne montre aucune couleur et de ce fait a été longtemps réputé ne pas contenir du fer.

En résumé, les organismes ferrugineux, mise à part l'oxydation des composés ferreux et manganeux, peuvent présenter des modes de nutrition très divers. *Gallionella* est probablement strictement chimio-autotrophe, incapable d'utiliser les composés organiques. *Sphaerotilus natans* est amphitrophique et utilise des substrats oxydables, soit organiques soit inorganiques, et *S. discophorus* est mixotrophique consommant ordinairement les deux simultanément. Les deux espèces de *Sphaerotilus* croissent cependant bien sans déposer de couche minérale dans leur enveloppe et il existe beaucoup d'autres organismes ferrugineux dans le métabolisme desquels l'oxydation de composés inorganiques ne présente manifestement pas une grande importance. Ce sont, soit des algues chlorophylliennes qui vivent photosynthétiquement comme le font par exemple: *Euglena*, *Spirogyra* (Myxophycées), et Chlamydomonadacées, et d'autres; soit des flagellés incolores se rattachant aux Monadacées, aux Amphimonadacées, ou aux Bikosoecacées, par exemple *Poteriodendron* (figure 7). Ces flagellés sont tous phagotrophiques, mode de nutrition caractérisé par l'ingestion de particules alimentaires qui sont digérées dans des vacuoles du cytoplasme. La signification de l'oxydation des composés ferreux et manganeux par ces organismes n'est pas connue. Le dégagement d'énergie ne peut être considérable, car la transformation est beaucoup moindre que chez les bactéries ferrugineuses; on peut supposer qu'il est encore moindre chez les algues chlorophylliennes qui possèdent d'autres moyens d'acquérir de l'énergie.

ÉCOLOGIE

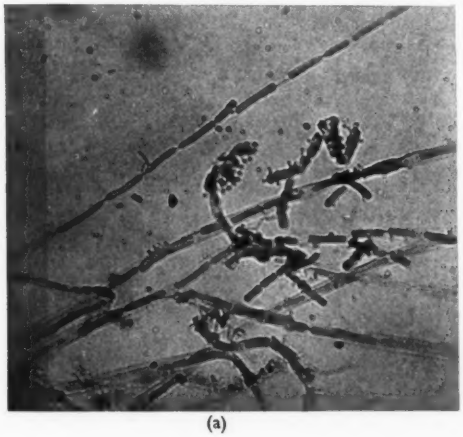
Les localités où se rencontrent des organismes ferrugineux sont nombreuses et variées; mais toutes sont en relation étroite avec les endroits où l'on trouve du fer et du manganèse à l'état réduit et de l'oxygène. En catalysant l'oxydation de ces métaux les organismes ferrugineux opèrent des transferts d'énergie. On les trouve par exemple dans les eaux des sources ferrugineuses, qui contiennent du bicarbonate ferreux formé par action du gaz carbonique dissous sur les roches ferrugineuses. Il semble qu'une couche de gaz carbonique gazeux à la surface puisse empêcher l'auto-oxydation, en empêchant l'oxygène atmosphérique d'arriver à la solution. Lors de la mise en bouteilles de telles eaux ferrugineuses pour



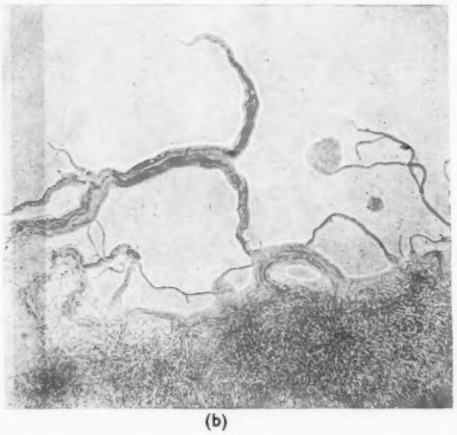
(a)

(b)

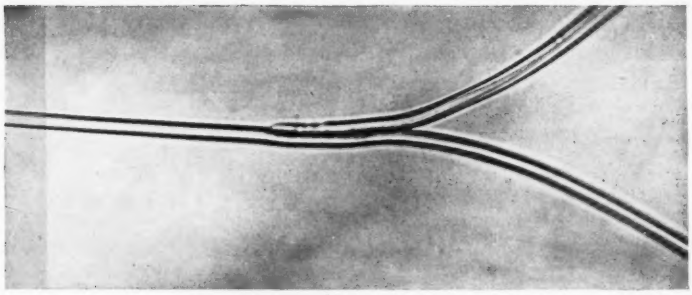
FIGURE 1 – Bikosoeca petiolata. (a) *Gobelets d'hydroxyde ferrique.* (b) *Les mêmes, réaction au bleu de Prusse; noter les différences d'intensité de coloration.* (× 580, *phot. C. F. Robinow, Strangeways Research Laboratory, Cambridge.*)



(a)



(b)



(c)

FIGURE 2 – Sphaerotilus natans. (a) *Croissance sur lame de verre immergée dans un réservoir de boue activée. Filaments et baguettes. Gaines délicates, fausse ramification au départ du filament de gauche; coloré.* (× 840, *phot. T. G. Tomlinson, Water Pollution Research Laboratories, Birmingham.*) (b) *Colonie sur agar; croissance frisée et parallèle de filaments.* (× 45, *phot. C. F. Robinow.*) (c) *Forme* Cladothrix *avec fausses ramifications et gaines épaisses* Leptothrix *d'hydroxyde ferrique.* (× 770, *phot. C. F. Robinow.*)

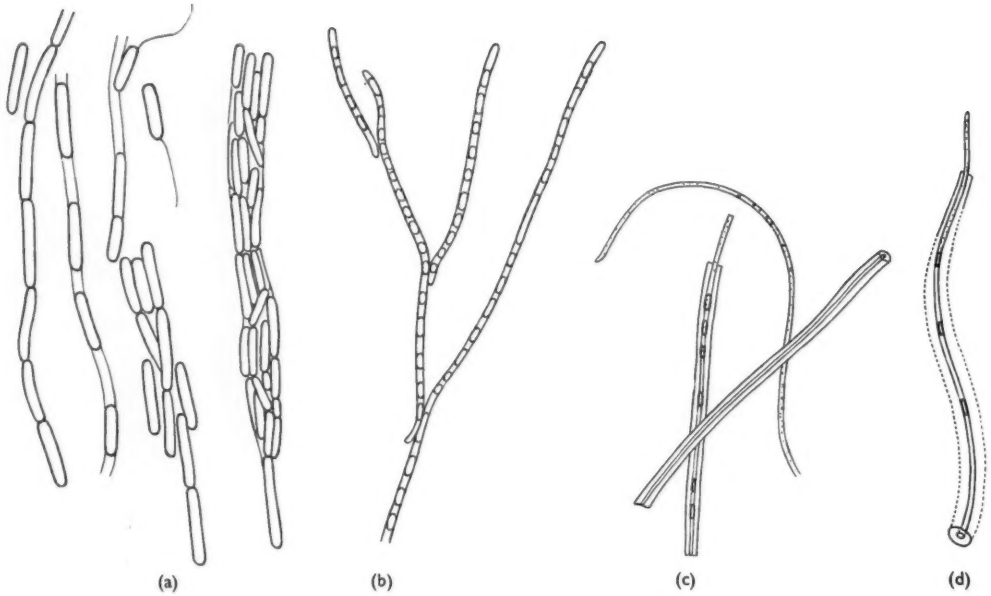


FIGURE 3 – Sphaerotilus natans. (a) *Forme provenant d'eau très polluée avec gaines délicates qui deviennent par endroits larges et molles, montrant plus d'une rangée de bâtonnets bactériens; des essaims rappelant* Pseudomonas *se forment.* (b) *Forme* Cladothrix *provenant d'eau contenant peu de matières organiques. Les gaines sont délicates et sans dépôt de composés ferriques mais suffisamment solides pour maintenir ensemble les bâtonnets bactériens.* (c) *Forme* Leptothrix *avec gaines épaisses incolores rappelant des tubes de verre, et un filament sans gaine.* (d) Sphaerotilus discophorus*; gaine brune mal définie, large mais effilée.*

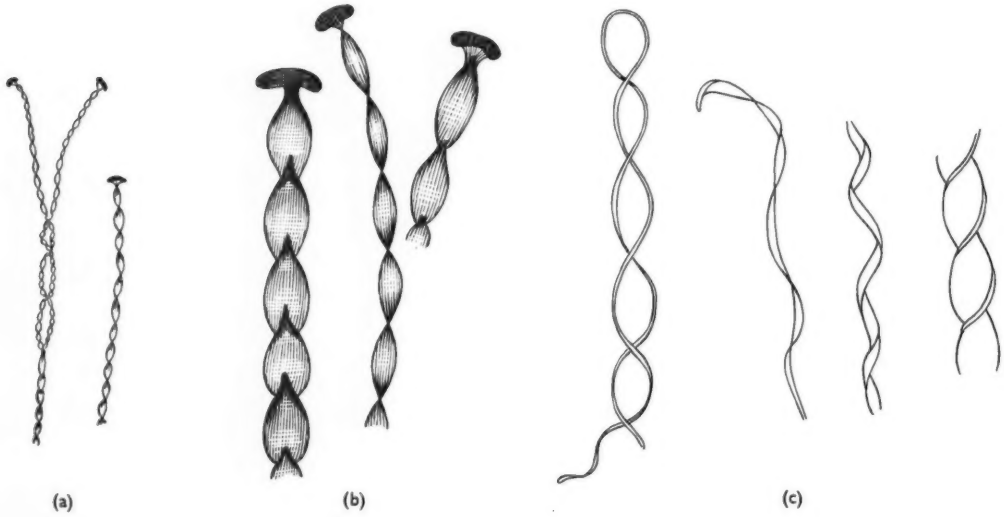


FIGURE 4 – Gallionella ferruginea. (a) *Cellules bactériennes aux extrémités de pédoncules tordus sécrétés par elles et formés d'hydroxyde ferrique coloré par du manganèse; à gauche: aspect après division.* (b) Idem, *à plus fort grossissement.* (c) *Figures variées de formations de pédoncules; à gauche, deux pédoncules en torsade.*

FIGURE 5 – Anthophysa vegetans. *Forme pédonculée et forme libre nageante.*

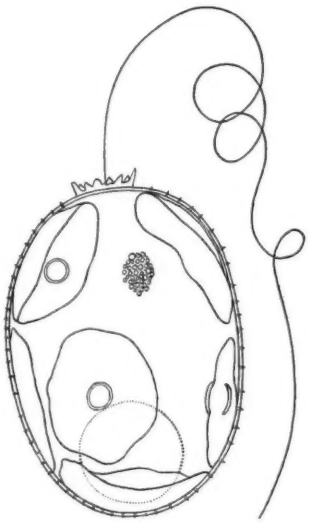


FIGURE 6 – Trachelomonas hispida. *Cellules à forme* Euglena *avec une enveloppe de composés de fer et de manganèse, ornée d'un collier en couronne et d'épines. Les chromatophores, le stigma et le flagelle sont visibles; le noyau se trouve près de l'extrémité postérieure.*

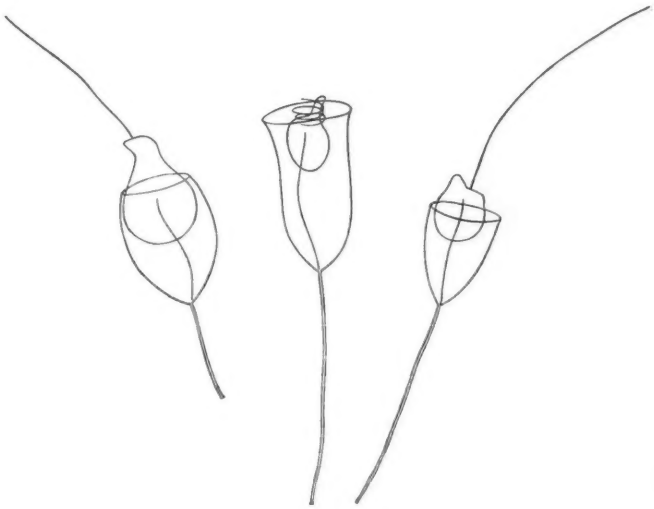


FIGURE 7 – Bikosoeca lacustris (*à gauche*) *et* Bikosoeca (Poteriodendron) petiolata; *avec des gobelets d'hydroxyde ferrique incolores bien développés et le flagelle enroulé (au milieu); le même avant l'achèvement du gobelet (à droite).*

usage médical il faut tuer les organismes par pasteurisation ou ajouter un surplus de gaz carbonique sinon les bactéries précipiteront le fer et l'eau perdra ses vertus. On trouve dans de telles eaux, à l'état viable et actif, *Gallionella ferruginea* et l'organisme appelé *Leptothrix ochracea*.

Les organismes ferrugineux vivent également sur les bords des marais dont les eaux acides courent à travers des couches géologiques ferrugineuses. Les substances humiques acides des marais ont un double rôle, elles conservent le fer et le manganèse en solution sous forme de composés complexes et d'autre part empêchent l'oxydation. Ces deux effets peuvent se démontrer par des expériences à petite échelle. De même fer et manganèse sont réduits et passent à l'état de complexes dans les cours d'eau pollués où les matières organiques sont fournies par les excréments du bétail et des oiseaux aquatiques. Le développement d'organismes ferrugineux de toutes sortes peut y être très important. Ils sont accompagnés d'autres algues et d'animaux qui sans déposer de matière inorganique de manière visible sont pourtant adaptés à des concentrations relativement hautes de composés ferreux et manganeux, substances toxiques pour la plupart des organismes vivants actuels.

Il est difficile d'établir sous quel état se trouvent le fer et le manganèse dans les eaux polluées. La plus grande partie n'est pas sous forme d'ions, mais, semble-t-il, sous forme de complexes de différents degrés de stabilité, et seuls les ions libres actifs interviennent dans les réactions biologiques. Après utilisation ils sont remplacés par d'autres avec lesquels ils sont en équilibre instable. La toxicité des composés ferreux et manganeux se trouve ainsi réduite, et ce rôle d'accumulateur bénéficie aux organismes en empêchant l'oxydation et la précipitation de composés qui deviendraient alors inutilisables. Les organismes paraissent acquérir leur part de ces composés métalliques en les fixant à des agents de fixation à la surface du cytoplasme mais les différents organismes ont des pouvoirs de fixation différents. On peut formuler l'hypothèse que les organismes ferrugineux posséderaient moins de substances de liaison et seraient ainsi capables de vivre dans des milieux où les autres organismes seraient empoisonnés par les ions ferreux et manganeux.

Les bactéries ferrugineuses interviennent dans la rouille des tuyaux et des autres objets en fer dans le sol et dans l'eau, utilisant d'abord le bicarbonate ferreux dû à l'action du gaz carbonique dissous sur le fer commercial, et produisant ensuite une croûte qui sépare les régions où les processus de réduction l'emportent de celles où l'oxydation se fait. Les courants électriques ainsi créés font la plupart du travail destructif. On ne connaît aucun organisme ferrugineux capable d'agir dans l'eau de mer où précipitent les substances humiques et les autres substances formatrices de complexes et où le bicarbonate ferreux ne semble pas se former à cause de la réaction alcaline et de la présence de concentrations trop élevées en sels de magnésium et de calcium. Les conditions ne sont pas favorables à la rétention de fer et de manganèse en solution sauf à des concentrations très basses.

BIBLIOGRAPHIE

[1] BEGER, H. *Gas- u. Wasserfach*, **80**, 779, 886, 908, 1937; **81**, 35, 82, 1938.

[2] CHOLODNY, N. *Ber. dtsch. bot. Ges.*, **40**, 326, 1922.

[3] *Idem. Ibid.*, **42**, 35, 1924.

[4] *Idem.* «Die Eisenbakterien, Beiträge zu einer Monographie». Pflanzenforschung, Vol. 4. Ed. Kolkwitz, Iéna, 1926.

[5] COHN, F. *Beitr. Biol. Pfl.*, **1**, 108, 1870.

[6] *Idem. Ibid.*, **1**, 185, 1875.

[7] DEFLANDRE, G. «Monographie du genre Trachelomonas». Nemours. 1926.

[8] DORFF, P. «Die Eisenorganismen (Systematik und Morphologie)». Pflanzenforschung, Vol. 16. Ed. Kolkwitz, Iéna. 1934.

[9] EHRENBERG, C. G. *Ann. Phys. Lpz.*, **38**, 213, 455, 1836.

[10] KÜTZING, F. T. «Phycologia germanica, d.i. Deutschlands Algen in bündigen Beschreibungen». Nordhausen. 1843.

[11] LIESKE, R. *Jb. wiss. Bot.*, **49**, 91, 1911.

[12] *Idem. Zbl. Bakt.* (2 *Abt.*), **39**, 369, 1919.

[13] MOLISCH, H. «Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen». Iéna, 1892.

[14] *Idem.* «Die Eisenbakterien». Iéna. 1910.

[15] NAUMANN, E. *K. svenska VetenskAkad. Handl.*, **62**, No. 4, 1921.

[16] PRINGSHEIM, E. G. *Phil. Trans. B*, **232**, 311, 1946.

[17] *Idem. Ibid.*, **233**, 453, 1949.

[18] *Idem. Biol. Rev.*, **24**, 200, 1949.

[19] SACHS, J. *S. B. Akad. Wiss. Wien*, **36**, 5, 1859.

[20] TEICHMANN, E. «Vergleichende Untersuchungen über die Kultur und Morphologie einiger Eisenorganismen». *Diss. Prag. dtsch. Univ.*, 1935.

[21] WINOGRADSKY, S. *Bot. Ztg*, **46**, 262, 1888.

[22] *Idem. Zbl. Bakt.* (2 *Abt.*), **57**, 1, 1922.

L'ozone de l'atmosphère terrestre

G. M. B. DOBSON

L'ozone se trouve dans les couches supérieures de l'atmosphère, et en très petites quantités. L'ozone atmosphérique absorbe une grande partie des radiations solaires ultra-violettes. Cette dernière faculté a fourni une méthode pour mesurer la quantité d'ozone dans une région donnée. Au moyen de ballons et de fusées on se rend compte de sa répartition en hauteur. Quant à sa répartition autour du globe elle dépend de la latitude: faible à l'équateur et variable selon la saison dans les hautes latitudes.

L'ozone est un des gaz les plus rares de l'atmosphère terrestre. Il y en a en moyenne seulement une molécule pour quatre millions de molécules d'autres gaz. De plus, on le trouve surtout à grande hauteur, au-dessus de 10km, et le centre de gravité de la totalité de l'ozone dépasse 20km d'altitude. On peut donc se demander pourquoi il a un intérêt météorologique particulier. Or, il y a pour cela quatre raisons principales:

1. Il est très absorbant dans l'ultra-violet entre 3200 Å et 2200 Å, environ, et arrête pratiquement la totalité des radiations solaires comprises entre ces limites. En conséquence, il y a une région à température relativement élevée entre 40 et 50km d'altitude environ. L'ozone présente en plus une forte bande d'absorption dans l'infra-rouge, centrée au voisinage de 9,7 μ. Il absorbe donc une proportion importante des radiations d'origine terrestre, et a peut-être une influence importante sur l'équilibre de température de la basse stratosphère.
2. La teneur atmosphérique en ozone subit, partout sauf aux Tropiques, de très grandes variations diurnes. Des variations de 25% sont fréquentes d'un jour à l'autre, et ces variations sont étroitement liées à d'autres conditions météorologiques, comme dépressions et anticyclones.
3. La distribution de l'ozone dans le monde est très curieuse. Une fois bien comprises, ses particularités nous permettront probablement d'élucider le problème de la circulation atmosphérique générale à haute altitude.
4. Il y a très peu d'ozone dans l'air au voisinage du sol. Cet ozone est rapidement décomposé en oxygène par les matières organiques de la surface terrestre, et continuellement remplacé par des apports par turbulence depuis les couches supérieures. L'étude des variations de la teneur en ozone à la surface terrestre renseigne donc sur la turbulence de la basse atmosphère.

FORMATION DE L'OZONE ATMOSPHÉRIQUE

Le mécanisme le plus probable — mais encore non certain — est que l'ozone se forme à partir de l'oxygène sous l'effet du rayonnement ultra-violet du soleil, dans la haute atmosphère. Les réactions photochimiques de formation sont alors:

$$O_2 + h\nu \rightarrow O + O \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$
$$O_2 + O + M \rightarrow O_3 + M \quad \ldots\ldots (2)$$

et les réactions de décomposition sont:

$$O_3 + O_2 \rightarrow 2O_2 + O \quad \ldots\ldots (3)$$
$$O_3 + O \rightarrow 2O_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$
$$O_3 + O_3 \rightarrow 3O_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$
$$O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O \quad \ldots\ldots (6).$$

La réaction (6) absorbe une quantité considérable d'énergie solaire, mais comme l'atome d'oxygène libéré va s'unir rapidement à une molécule d'oxygène, pour reconstituer de l'ozone (équation (2)), il est probable qu'il n'y a que peu d'ozone qui disparaisse de cette façon.

DOSAGE DE L'OZONE ATMOSPHÉRIQUE

La mesure de l'intensité de l'absorption due à l'ozone dans le spectre solaire permet de calculer la quantité totale d'ozone traversée par les rayons lumineux, et de connaître la quantité totale d'ozone contenue dans l'atmosphère. Il faut bien choisir les longueurs d'onde: si l'absorption est trop grande, la radiation correspondante arrive au sol trop affaiblie pour permettre une mesure précise. Si l'absorption est trop faible, la diffusion du rayonnement par la poussière et d'autres causes d'erreurs deviendront relativement importantes, les mesures seront encore imprécises. La figure 1 montre d'une façon frappante la précision que l'on peut atteindre dans l'atmosphère claire d'Arosa, où les troubles dus à la poussière et à la

brume sont minimes. Il s'agit des teneurs en ozone au cours d'une journée, calculées en se servant de trois longueurs d'onde différentes. Ce jour-là, la variation réelle n'était que minime, et la plupart des observations concordent à moins de 0,5%. Il faut insister sur le fait que les chiffres obtenus à partir de trois longueurs différentes sont réellement entièrement indépendants les uns des autres. Les points à la partie supérieure de la figure 1 correspondent aux absorptions effectives mesurées par l'instrument pour une longueur d'onde, et comme le trajet des rayons à travers l'atmosphère varie avec la hauteur du soleil, les absorptions effectives varient du simple au décuple. Cependant, lorsqu'on tient compte de cette variation de trajet, le calcul donne une quantité d'ozone pour l'épaisseur atmosphérique constante à environ 1% près. Pour des localités au ciel plus brumeux, la précision n'est pas si bonne, mais comme les variations sont grandes d'un jour à l'autre, et même au cours d'une journée, elle est en général suffisante.

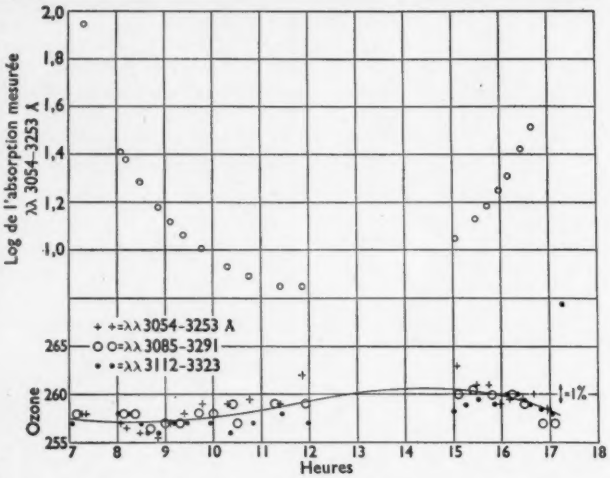


FIGURE 1 – *Teneurs en ozone, mesurées à Arosa, le 1 mai 1950 (unité: 0,001 cm d'ozone pur). Les cercles, les croix et les points au bas de la figure donnent les teneurs en ozone, déterminées à partir de trois longueurs d'onde différentes. Remarquer la faible dispersion des résultats. Les cercles, à la partie supérieure, sont les quantités effectivement mesurées par l'instrument, pour les longueurs d'onde 3054–3253 Å. La grande variation de ces chiffres est due à la variation de longueur du trajet de la lumière dans l'atmosphère suivant la hauteur du soleil. Remarquer que les teneurs en ozone déduites de ces mesures concordent à 1% près, tandis que les chiffres mesurés passent du simple au décuple. (Mesures dues à l'amabilité du Professeur Götz.)*

Si, au lieu de vouloir connaître la quantité totale d'ozone atmosphérique au-dessus d'une localité, on désire seulement la concentration à un niveau déterminé, par exemple à la surface du sol, l'utilisation d'une méthode chimique sera commode. La plus précise est peut-être celle d'Ehmert, où l'air traverse un flacon absorbeur contenant un mélange en solution d'iodure de potassium et d'hyposulfite de sodium. L'ozone met en liberté l'iode qui réagit sur l'hyposulfite. La mesure revient à un dosage électrométrique de l'hyposulfite en excès à la fin de l'expérience, par comparaison avec un essai à blanc.

RÉPARTITION VERTICALE DE L'OZONE ATMOSPHÉRIQUE

La meilleure méthode pour la déterminer consiste à obtenir un spectre ultra-violet du soleil à différentes altitudes, en utilisant des fusées ou des ballons. Jusqu'à présent les ballons n'ont pu que rarement dépasser 30 km, mais on espère dépasser cette altitude dans l'avenir. Les fusées naturellement, peuvent atteindre une altitude où il n'y a pratiquement plus d'ozone, et permettent d'obtenir des spectres solaires sans absorption.

Ballons et fusées donnent les meilleurs résultats, mais leur emploi est difficile et coûteux. Cependant, on peut aussi calculer la répartition verticale à partir de mesures spectroscopiques de la lumière du jour en utilisant des longueurs d'onde, comme celles qui servent à la mesure par absorption de l'ozone total. Par temps assez clair, les mesures nécessaires peuvent être précises, mais les calculs sont très difficiles, et les résultats quelque peu incertains pour le moment. Ceci est regrettable, car on peut facilement faire des mesures un grand nombre de jours, et il serait très intéressant de pouvoir en déduire les variations de répartition verticale de jour en jour, en fonction des conditions météorologiques, et de la situation géographique. Cependant, on pourra utiliser la distribution obtenue au moyen de fusées ou de ballons pour vérifier les résultats déduits d'observations au sol.

Jusqu'à présent, les différents résultats obtenus ne sont pas très concordants: on peut dire, cependant, que l'altitude moyenne de l'ozone se situe entre 20 et 25 km. Le maximum du rapport ozone/air apparaît de 5 à 10 km plus haut. Il y a apparemment peu d'ozone au-dessous de 10 km ou au-dessus de 30 km.

RÉPARTITION GÉNÉRALE DE L'OZONE SUR LA TERRE

Comme on l'a dit, cette répartition est singulière

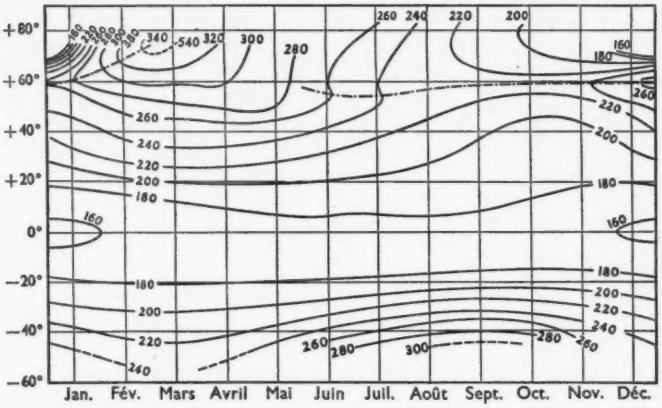


FIGURE 2 – *Isopleths donnant la teneur moyenne en ozone à chaque latitude, suivant la saison. (Dues à l'amabilité du Professeur Götz.)*

et inattendue. On voit sur la figure 2 les isopleths de l'ozone, tels que les donne Götz, à partir de toutes les observations disponibles. Les points les plus remarquables sont les suivants:

1. La faible teneur au voisinage de l'équateur, toute l'année.
2. L'accroissement généralisé de la teneur en ozone lorsqu'on va vers les latitudes élevées.
3. La forte variation annuelle aux latitudes moyennes et élevées, avec un maximum au printemps dans chaque hémisphère.
4. La possibilité d'un maximum en hiver, vers la latitude 60°, avec une baisse dans la direction des pôles. Mais ceci n'est pas encore certain, faute d'observations suffisantes aux latitudes élevées.

Il semble donc en ressortir que la teneur moyenne en ozone dépend seulement de la latitude, et non de la longitude, mais, là encore, les observations présentes ne sont pas assez nombreuses pour indiquer une différence possible entre des localités de même latitude, mais situées à l'Est et à l'Ouest de grandes masses continentales.

Autre phénomène intéressant: la teneur au voisinage de l'équateur varie peu d'un jour à l'autre, tandis qu'aux latitudes moyennes ou élevées, les variations sont très grandes.

VARIATIONS DE L'OZONE ATMOSPHÉRIQUE AVEC LE TEMPS

Sur la figure 3, la courbe du milieu représente les variations diurnes de la teneur en ozone, mesurées à Oxford, entre le 10 février et le 30 mai 1951; les valeurs portées correspondent aux moyennes de trois jours. On remarquera que des variations de 0,080 cm en quelques jours sont fréquentes: c'est une variation de plus de 25%. La courbe supérieure donne l'épaisseur de l'atmosphère entre les surfaces d'égale pression de 300 mb et 500 mb: elle représente la température moyenne de l'atmosphère entre ces surfaces, approximativement entre les altitudes 9 km et 5 km. La courbe inférieure donne l'altitude de la tropopause. Ces deux dernières courbes donnent les valeurs relatives au ciel d'Oxford. Les chiffres portés correspondent aussi à des moyennes de trois jours. La figure 3 met en évidence une corrélation frappante entre les variations de la teneur atmosphérique en ozone et les conditions météorologiques dans la haute atmosphère. Les variations de température et de pression dans la haute atmosphère et l'altitude de la tropopause sont assez étroitement liées. Les corrélations entre l'ozone et la température de la troposphère supérieure ou la hauteur de la tropopause sont toutes deux négatives, et pour que les relations apparaissent avec plus de clarté, les courbes inférieure et supérieure de la figure 3 ont été inversées.

Alors que les dates des maxima et minima des trois courbes de la figure 3 coïncident d'assez près, la grandeur relative des changements n'est nullement constante. Ainsi, les trois courbes montent à peu près de la même façon entre le 22 et le 28 mars, mais la croissance du taux d'ozone entre le 5 et le 9 avril est bien plus grande que la variation correspondante des autres courbes.

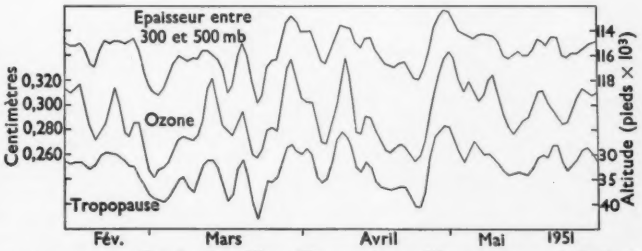


FIGURE 3 – *Courbe du milieu: Teneurs journalières en ozone, à Oxford, du 10 février au 30 mai 1951. Courbe supérieure: Epaisseur de la couche comprise entre les surfaces de pression 300 et 500 mb (inversée). Courbe inférieure: Altitude de la tropopause au-dessus d'Oxford (inversée). Ces deux dernières courbes sont tirées des chiffres donnés sur les cartes de l'*Aerological Record of the British Meteorological Office, *et dus à l'amabilité du Directeur.*

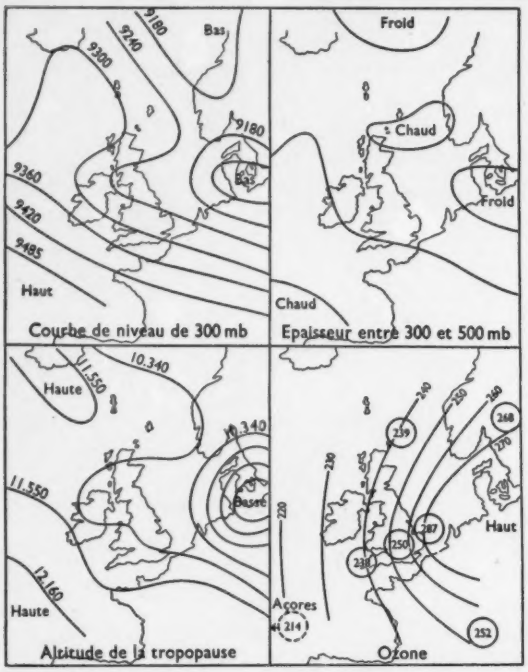


FIGURE 4 – *Conditions météorologiques dans la haute atmosphère, le 25 juillet 1951. En haut à gauche: Courbes de niveau de la surface de 300 mb (en mètres). En haut à droite: Epaisseur de la couche atmosphérique comprise entre 300 mb et 500 mb en mètres. En bas à gauche: Altitude de la tropopause, en mètres. En bas à droite: Teneurs mesurées et répartition approximative de l'ozone. (Les trois premières cartes et les teneurs en ozone pour les trois localités en Grande-Bretagne, sont dues à l'amabilité du Directeur du Meteorological office. Les cartes sont tirées de l'*Aerological Record.)

Egalement, il y a un maximum bien marqué de la teneur en ozone, les 8 et 9 mai, mais seulement un palier dans l'allure décroissante que présentent les deux autres courbes.

Puisque l'ozone se trouve principalement bien au-dessus de la stratosphère, on peut s'attendre à ce que l'ozone dépende plus des conditions météorologiques à, par exemple, 20 km, que de celles de la base de la stratosphère ou la haute troposphère. Sur ce point, les observations sont quelque peu contradictoires. Les coefficients de corrélation, calculés par Meetham à partir de données fournies par des ballons-sondes du type Dines, indiquent que la corrélation devient de plus en plus étroite entre l'ozone et la température potentielle à une hauteur déterminée, jusqu'à 18 km, altitude au-delà de laquelle il n'y avait plus suffisamment de mesures de température. Des recherches plus récentes, utilisant les données obtenues par radio-sondes publiées dans le rapport météorologique quotidien, indiquent une corrélation plus lâche à ces altitudes élevées.

On peut voir également les relations entre les variations de la teneur en ozone et d'autres données météorologiques en traçant sur une carte les isopleths de la grandeur considérée. On l'a fait, figure 4, pour quatre caractéristiques: pression dans la haute atmosphère (courbe de niveau de 300 mb), température de la haute troposphère (épaisseur de 300 à 500 mb), altitude de la tropopause et teneur en ozone. Les trois premières cartes sont extraites de l'*Aerological Record, Meteorological Office*, pour le 25 juillet 1951 à 15 heures. Les teneurs en ozone correspondent au même jour, vers midi. Jusqu'à présent, il n'y a que sept stations qui donnent des teneurs en ozone, aussi y a-t-il beaucoup d'incertitude dans le tracé des lignes d'égale teneur; il est cependant manifeste que les régions à teneur élevée en ozone sont étroitement associées aux régions à basse pression et basse tropopause. Il est intéressant de remarquer les teneurs en ozone relativement basses aux Iles Shetland, associées à une crête avec pression et tropopause élevées, qui s'étend à partir de l'Ouest. La variation normale de l'ozone avec la latitude devrait conduire à une teneur plus élevée aux Shetland qu'au Sud de l'Angleterre. Il y a lieu de penser que la mesure faite en Norfolk donne un résultat quelque peu excessif. Ce jour-là, il n'y avait que des variations minimes de la température de la haute troposphère, mais dans la plupart des cas, il y a une relation analogue à celle que l'on trouve, par exemple, avec l'altitude de la surface à 300 mb.

On espère que dans un proche avenir, huit stations supplémentaires — au Spitzberg, en Norvège, en Islande, au Danemark, en Irlande du Nord, en France, en Belgique et en Espagne — s'ajouteront à celles de la figure 4, pour mesurer quotidiennement la teneur en ozone. Il sera alors possible d'avoir une idée assez précise de la répartition de l'ozone sur l'Europe occidentale.

Quelle est la cause des variations quotidiennes, pourquoi sont-elles en rapport aussi étroit avec les autres caractéristiques de la haute atmosphère ?

Une explication évidente serait que de grands courants polaires ou équatoriaux entraînent avec eux l'ozone, et les autres caractéristiques météorologiques à leur point de départ. Ceci est presque certainement vrai en partie, mais tout aussi fréquemment insoutenable. Le fait que les variations quotidiennes en ozone, aux latitudes moyennes, sont les plus importantes au printemps, quand

la différence entre les teneurs en ozone au pôle et à l'équateur sont aussi les plus importantes, s'accorde d'une façon générale avec cette théorie d'advection. Cependant, l'examen de cas particuliers où l'ozone est en quantité élevée ou basse montre que fréquemment l'air des hautes altitudes ne provient pas des régions polaires ou équatoriales respectivement. Il y a aussi des cas, particulièrement en automne, où la teneur en ozone aux latitudes moyennes est plus élevée que la normale aux pôles. La théorie d'advection est encore insoutenable.

Une autre cause possible de variations pourrait être un courant vertical dans l'atmosphère, à une altitude où se forme l'ozone. Ainsi, un courant descendant entraînerait vers le sol un air riche en ozone, ce qui accroîtrait la quantité totale contenue dans une colonne verticale, tandis qu'un des courants ascendants amènerait de l'air pauvre en ozone dans une région à concentration normalement élevée.

L'OZONE DANS LA BASSE ATMOSPHÈRE

La quantité d'ozone par mètre cube d'air à la surface terrestre ne dépasse probablement jamais le dixième de celle que l'on trouve à 20 km, et la proportion de l'ozone dans l'air ne dépasse pas le centième environ de sa valeur à 30 km. La méthode chimique de dosage est en général très commode, mais on a employé des méthodes spectroscopiques, avec une lampe à mercure comme source, en mesurant l'absorption pour la raie 2536 Å, qui est près du centre de la bande d'absorption de l'ozone.

La teneur en ozone de l'air à la surface de la terre varie beaucoup, et peut être parfois pratiquement nulle. Il est probable que cet ozone a été apporté par turbulence depuis la région riche en ozone qui se trouve au-dessus. La vie de l'ozone doit être très courte dans un air qui contient des substances oxydables comme la fumée, et la quantité présente au voisinage du sol dépendra de sa vitesse d'arrivée depuis la haute atmosphère, et de sa vitesse de destruction. Comme on peut s'y attendre, il y a une forte variation diurne, avec de faibles valeurs pendant la nuit, et des valeurs élevées dans la journée, pendant laquelle la convection est élevée.

Revue des livres

AGRICULTURE

British Agricultural Bulletin, May 1952. Pp. 64, avec de nombreuses illustrations en demi-teintes. The British Council, Londres. 4s. le numéro. Abonnement d'un an: 21s.

Le département agricole du *British Council* fait paraître depuis cinq ans cette publication équilibrée et bien illustrée. Son but premier était d'informer les peuples du Commonwealth, de l'Empire et des pays étrangers accessibles, sur les recherches agricoles britanniques. Depuis, son ambition s'est élargie et elle s'efforce de renseigner le monde entier sur les méthodes de culture de toute la communauté britannique.

Ce numéro qui contient des articles qui font autorité sur le progrès agricole en Irlande du Nord (étude historique), la place occupée par l'agriculture dans l'économie canadienne et un compte rendu des travaux effectués à l'institut de recherches agricoles de Prétoria, Afrique du Sud, réalise ce but. Pour les étrangers s'intéressant au cheptel de race de la Grande-Bretagne, sont relatés avec d'excellentes illustrations l'exposition laitière écossaise de 1952 et autres événements du même ordre tels que les expositions de Perth et les marchés de bétail des races Shorthorn et Aberdeen Angus et les ventes de taureaux Hereford.

On trouve aussi des articles et rapports scientifiques parus dans d'autres publications et une revue bibliographique très complète.

J. EDWARDS

ASTRONOMIE

LOVELL, BERNARD et CLEGG, J. A. *Radio Astronomy*. Pp. 238 et 120 figures. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 16s.

La radio-astronomie, cette fille nouveau-née de la science, occupe à juste titre un des volumes de la série *Frontiers of Science*, car bien qu'on sache depuis 1931 que des ondes hertziennes atteignent la terre d'une source inconnue de l'espace (découverte de Jansky), elle ne s'est véritablement développée que durant les sept dernières années. Sa croissance extrêmement rapide a été facilitée par l'application poussée des méthodes de radar employées pendant la dernière guerre et il existe déjà une vaste littérature sur le sujet. Le matériel et les procédés, ceux de l'ingénieur du radar, sont très différents de ceux de l'astronomie classique. Les résultats obtenus justifient un tour d'horizon de la question surtout depuis que l'auteur principal du livre occupe la première chaire universitaire de radio-astronomie qui ait été créée.

L'ouvrage sera aussi utile que possible à une grande variété de lecteurs grâce aux résumés des fondements de l'astronomie et des méthodes d'investigation par la radio. Ensuite sont étudiés l'application du radar à l'observation des météores et les résultats obtenus, la réception des émissions d'ondes solaires et galactiques avec leur interprétation possible et le phénomène étrange des étoiles émettrices. On y trouve aussi l'emploi du radar dans l'observation de la Lune et de l'aurore boréale et son extension envisagée pour l'étude des planètes et du «Gegenschein». Le volume fera donc une excellente introduction au sujet.

On vient d'approuver la construction qui va bientôt être commencée sous la direction du Professeur Lovell d'un immense radiotélescope de 75 mètres d'ouverture. Ce paraboloïde manœuvrable permettra d'étendre considérablement notre champ d'investigation et une édition revue et complétée de ce livre sera sans doute bientôt nécessaire.

H. SPENCER JONES

BIOLOGIE

MORTON, A. G. *Soviet Genetics*. Pp. 174. Lawrence and Wishart, Londres. 1951. 15s.

Le rôle de la critique en science serait un sujet d'essai intéressant. En effet, la musique, l'art et la littérature ont des critiques professionnels mais pas la science. Et pourtant, la critique opère aussi dans le monde scientifique, si ce n'est que négativement, en passant sous silence les travaux sans valeur que les monographies ignorent. Toute inexactitude sur des questions importantes est tôt ou tard mise à jour par des œuvres de qualité supérieure. De nos jours, la méthode reconnue de contradiction ne consiste pas à faire des affirmations inverses ni à conduire une polémique habile. Il suffit de produire des faits étayés d'une documentation irréfutable en contradiction avec les assertions adverses. Pour contredire, par exemple, une synthèse supposée du sucre à partir de gaz carbonique en présence de platine, il faut qu'un nombre suffisant d'expérimentateurs répètent l'expérience et convainquent le lecteur du résultat négatif.

Cette méthode de critique soulève une importante question. Quand peut-on rejeter sans obligation de la vérifier une assertion qui paraît improbable et même fantastique? La plupart des savants répondraient: jamais. Et pourtant c'est ce qui s'est produit dans l'histoire malheureuse de la controverse sur la génétique entre l'Est et l'Ouest. On ne peut accuser une nation qui a donné au monde Mendéléev, Lobachevsky, Pavlov et Vavilov de n'être pas scientifique. Elle a produit aussi Lysenko qui est actuellement Académicien et directeur d'un institut marquant. Il affirme avoir modifié expérimentalement l'hérédité de certaines plantes. Comment faut-il recevoir cette affirmation? Normalement, il faudrait (*a*) traduire ses articles, (*b*) étudier le compte rendu des méthodes qu'il a utilisées et les faits dont il tire ses conclusions, et (*c*) refaire ses expériences et en publier les résultats. En fait, un coup d'œil aux commentaires des biologistes américains et britanniques sur l'œuvre de Lysenko révèle qu'en ce qui concerne la génétique soviétique, la critique habituelle ne fonctionne plus. Quand en 1949, un professeur américain écrivit un ouvrage sur la controverse de génétique russe, il y ajouta une bibliographie de quatre pages comptant les noms de nombreux génésiologues occidentaux distingués mais aucun n'avait refait une seule des expériences de Lysenko avant de les commenter.

On peut attribuer le fait au style fleuri et passionné de l'auteur, mais en partie seulement car la plupart des critiques de Lysenko n'ont jamais lu ses articles originaux. La façon dont il contredit l'œuvre de ses collègues pour la plupart — ce qui d'ailleurs ne prouve pas que ses travaux sont sans valeur — et l'emploi du russe avec tout ce qu'il évoque en matière politique, peuvent expliquer le reste. Malgré tout, le rejet des affirmations de Lysenko, tout ratifié qu'il sera par l'histoire, n'a pas été fait selon les traditions et la dignité de la science européenne. Il existe un unique compte rendu complet en anglais de la vérification d'une expérience fondamentale de Lysenko, — l'article de Wilson et Wittmer dans l'*American Journal of Biology*, vol. 33, 1946 mais la plupart des critiques de Lysenko ne l'ont même pas consulté. Même le compte rendu allemand méticuleux de E. Sankewitsch (*Arbeitsmethoden der Mitschurinschen Pflanzenzüchtung*, 1950) n'est pas assez documenté pour permettre une opinion personnelle.

Au lieu des protestations indignées des savants occidentaux, qui n'emploieraient jamais de tels procédés entre eux, il serait plus utile de faire une traduction littérale des articles-clés sur lesquels les génésiologues soviétiques basent leurs affirmations et d'étudier leurs méthodes pratiques. C'est ce que promet au premier abord le livre du Dr. Morton. Comme l'indique sa préface, il a eu accès à plusieurs des articles originaux, qu'il a lus et traduits personnellement. Etant biologiste, il écrit pour des collègues et l'on s'attend à trouver selon la tradition de l'Ouest un résumé impartial du texte de Lysenko et un commentaire suffisant pour décider si les faits méritent d'être retenus. Il existe par exemple un article important de A. A. Avakyan et M. G. Yastreb dans la revue *Yarovisatsia* sur l'hybridation par greffe des tomates, avec planches en couleurs et dix tableaux. Tout savant en conclura sur la bonne foi soviétique. Le Dr. Morton doit avoir eu accès à cet article car il en cite un autre de Berezniakovskaya qui se trouve dans le même volume. En les traduisant il aurait rendu grand service à la génétique des deux côtés du rideau de fer car la fausse présentation du cas de Lysenko aurait été effacée et selon la citation personnelle de la première page: «Grand est le pouvoir de la fausse présentation continuelle mais il est heureusement de courte durée».

En fait, le livre ne remédie pas au mal qui a été fait et on y trouve seulement avec quelques indications quantitatives, les impressions de l'auteur sur la génétique soviétique. Son attitude envers les assertions de Lysenko et de son école est profondément influencée par ses propres opinions philosophiques qui ont beaucoup de points communs avec le Marxisme. Il est de l'avis dialectique que «la véracité d'une théorie . . . réside dans la mesure où elle permet de contrôler la nature en la modifiant». En tant que résumé de la génétique michurinienne à l'usage de michuriniens, le livre est bref et compétent, mais en tant que compte rendu objectif de la génétique michurinienne à l'usage du savant cherchant des preuves, on ne peut le recommander. Il y a plusieurs erreurs (e.g. à la page 15 le nombre de 10 millions d'hectares ensemencés de grain revivifié en 1941 et l'étude de la vigueur hybride à la page 88–9). Les résumés de faits souffrent de ce qu'ils sont en style indirect et l'auteur a l'air de vouloir justifier sa loyauté envers la génétique michurinienne plutôt qu'envers la méthode scientifique.

E. ASHBY

CHIMIE

WAHL, A. C. et BONNER, N. A. Publié par. *Radioactivity Applied in Chemistry*. Pp. 604. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1951. 60s.

Le champ de la radioactivité s'étend si rapidement au point de vue chimique qu'un seul individu peut tout juste tenir à jour la bibliographie d'un de ses aspects. Dans ces conditions un livre tel que celui-ci sera des mieux accueillis. Les douze collaborateurs y ont conduit une enquête intensive sur les travaux relatifs aux applications chimiques de la radioactivité depuis leurs débuts jusqu'à 1949–50. Plus de quinze cents ouvrages de référence ont été consultés

et la présentation est telle que le lecteur se renseignera sans difficulté sur l'état des recherches dans n'importe quelle branche de la chimie.

La moitié du livre consiste en chapitres montrant l'application de procédés radioactifs à un genre donné de recherches. Un effort conscient a été fait ici pour atteindre le style homogène nécessaire pour une lecture facile. Le reste de l'ouvrage est fait de tables classées par sujet offrant sous une forme concise les résultats de nombreuses expériences.

Le profane ne trouvera pas ici une introduction aisée au sujet. Le livre s'adresse surtout à l'étudiant et au spécialiste mais il sera pendant de longues années un ouvrage de référence extrêmement utile. W. J. ARROL

GÉOPHYSIQUE

RUSSELL, R. C. H. et MACMILLAN, D. H. *Waves and Tides* (Vagues et Marées). Pp. 348, avec 16 planches et de nombreux diagrammes linéaires. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1952. 25s.

Ce volume en contient deux car la section de Russell sur les vagues est tout à fait indépendante de celle de MacMillan sur les marées. Toutes deux s'adressent aux lecteurs voulant se renseigner de façon générale mais précise sur ces deux points difficilement étudiables. C'est dire que les auteurs ont trouvé un juste milieu qui sera des plus utiles entre le manuel avancé et complet et l'ouvrage de vulgarisation scientifique.

La partie sur les vagues passe clairement en revue les théories de Airy, Stokes, Rankine, Kelvin, entre autres, et les compare aux résultats obtenus par des observateurs tels que Cornish et aux recherches récentes conduites par le laboratoire de recherches de l'Amirauté britannique. Les effets de réflexion, de diffraction et de réfraction, les courants de vagues et la génération des vagues par le vent sont assez longuement étudiés et il y a des chapitres de valeur sur les pressions engendrées par elles et le mouvement des corps qu'elles charrient par rapport à l'érosion côtière et aux dégâts causés par les tempêtes dans les installations de la côte.

La seconde partie du livre étudie les marées avec moins de détails mais sous une forme plus lisible que le Manuel Standard des marées de l'Amirauté. La notion admise des marées d'équilibre, la théorie moderne des marées et leur prévision sont traitées clairement et avec peu de mathématiques. Plusieurs chapitres s'occupent des courants de marées, de l'effet du temps sur celles-ci et de leur effet sur la navigation. On trouve même une intéressante revue historique de la question. FERGUS ALLEN

INDUSTRIE

CARBONI, PAOLO. *Silk: Biology, Chemistry, Technology.* Pp. XI + 248, avec de nombreux diagrammes linéaires et illustrations en demi-teintes. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 37s. 6d.

La soie n'est plus une des matières premières prépondérantes de l'industrie textile mais c'est une des fibres les plus intéressantes surtout en raison des apports importants faits récemment à la constitution des protéines par l'étude des fibres protéiques. Relativement peu d'ouvrages ont paru sur la soie ces dix dernières années et nombre d'étudiants, savants et technologistes accueilleraient avec plaisir un manuel complet et à jour sur la question. Le livre du Dr. Carboni étudie les aspects biologique, chimique et technologique de la soie en insistant sur les caractéristiques physiques et chimiques du cocon et de la soie grège du commerce. Le dévidage et l'examen de la soie grège sont étudiés longuement et avec autorité, mais les méthodes italiennes y ont naturellement la première place. Il y a d'utiles chapitres sur le moulinage de la soie et la fabrication de fils de soie filée à partir de déchets. L'étude des procédés de teinture est surtout restreinte à l'engallage de la soie par l'étain et les végétaux. Le dernier chapitre traite des méthodes analytiques qui suivent d'ordinaire des techniques admises.

On a malheureusement un certain nombre de critiques à faire. L'ouvrage n'est pas assez documenté et beaucoup d'erreurs auraient été éliminées par une seconde lecture. La traduction manque d'aisance dans l'emploi des termes scientifiques en général et dans la terminologie et nomenclature de la soie en particulier. Les dessins linéaires sont bien reproduits mais certaines illustrations en demi-teintes (surtout celle d'une radiographie de la soie) sont sans valeur. L'original en italien parut en 1947 mais la traduction actuelle n'essaie même pas de relater les progrès faits dans la connaissance de la fibroïne et de la séricine de soie. F. O. HOWITT

CLOW, ARCHIBALD et NAN. *The Chemical Revolution.* Pp. XIV + 680, avec de nombreuses illustrations en demi-teintes. Batchworth Press Limited, Londres. 1952. 50s.

Ce livre représente une contribution remarquable à la technologie sociale et doit avoir nécessité des recherches importantes. En manuscrit, il reçut le premier prix Hume Brown à l'Université d'Edimbourg. Il essaie de montrer les conséquences économiques et sociales du progrès scientifique pendant la période de lente évolution appelée à tort Révolution industrielle, de chercher le pourquoi et le comment des innovations produites et de les relier aux besoins sociaux qui hâtèrent la solution de problèmes techniques individuels. L'introduction fait remarquer que le livre est limité à la période 1750–1830 à cause de l'excès de matière. Le point de vue est nettement pro-écossais mais l'ouvrage n'en souffre pas.

Il est impossible de détailler les divers chapitres mais on passe logiquement des minéraux et manufactures aux fabriques agricoles et à l'aspect économique de la végétation par des industries communes telles que verre, papier, poterie, fer et d'autres moins connues comme le varech, le vitriol, les mordants, le goudron et les allumettes. La présentation est toujours bien équilibrée et les citations nombreuses. Outre un frontispice en couleurs et 110 illustrations, on compte 16 diagrammes illustrant l'évolution et la ramification de diverses industries. Il y a aussi une chronologie chimique de 9 pages et une bibliographie de 28. L'index, l'impression et le papier sont excellents.

L'emploi de la terminologie Mumford-Geddes surprend au premier abord et l'étude des phases «éotechnique, paléotechnique et néotechnique» rebute, mais on en comprend l'utilité. Le livre rendra grand service non seulement à ceux qui s'intéressent à l'histoire du progrès industriel mais aux technologistes qui en recherchent les conséquences. ARTHUR MARSDEN

PHYSIQUE

ELLIOT, A. et DICKSON, J. HOME. *Laboratory Instruments—Their Design and Application.* Pp. 414. Chapman and Hall Limited, Londres. 1951. 32s.

Ce livre est une mine d'informations pratiques pour le chercheur devant combiner ses propres instruments, mais il servira en général à tous ceux qui ont affaire à la construction d'instruments

scientifiques. Les auteurs y ont déversé la vaste expérience accumulée pendant de longues années de recherche et les principes qu'ils donnent permettront même au débutant de concevoir des instruments fonctionnant efficacement avec le minimum de tâtonnement. Ils n'ont pas cherché à traiter toute la question et se sont arrêtés aux deux aspects principaux: construction mécanique et instruments optiques.

Les chapitres du début s'occupent des propriétés et du traitement de divers matériaux, de la préparation des plans pour être utilisés en atelier et des possibilités des machines qui y sont employées. On trouve une étude détaillée du dessin cinématique d'instruments qui compte de nombreux exemples excellents de pièces simples mais efficaces réalisées sur ce principe. Les chapitres suivants traitent de l'isolation des vibrations, de la sensibilité et des méthodes de mesure. Les instruments d'optique occupent le reste de l'ouvrage. De nombreux tableaux et diagrammes de valeur illustrent les usages divers des prismes, miroirs et lentilles et une série d'appendices complète un certain nombre des questions traitées.

W. G. PRICE

HITCHINS, H. L. et MAY, W. E. *From Lodestone to Gyro-compass* (De l'aimant naturel au gyrocompas). Pp. 219, avec de nombreuses illustrations en demi-teintes et figures. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1951. 12s. 6d.

La grande importance des compas magnétiques et gyroscopiques dans la navigation a suscité de nombreuses études spécialisées de leur construction, installation et entretien dans des conditions diverses. Ce livre, au contraire, ne s'adresse pas aux navigateurs mais à ceux qui s'intéressent à l'histoire et aux formes actuelles de ces remarquables instruments. Les auteurs ont admirablement réalisé leur but en un petit volume où les détails techniques sont réduits au minimum. Le dernier chapitre comprend une étude des compas solaires dont l'importance extrême s'est révélée pendant la dernière guerre au cours des combats dans les déserts d'Afrique du nord.

Le besoin croissant de précision minutieuse dans la navigation marine et aérienne augmente encore la nécessité de cartes magnétiques exactes. On s'étonne donc, avec regrets, de la décision de l'Amirauté britannique suspendant la construction du navire de bois non-magnétique *Research* qui devait continuer les utiles reconnaissances faites par le yacht américain *Carnegie*, incendié accidentellement en 1929.

MOTT, N. F. Publié par. *Advances in Physics*, vol. 1, No. 1. Pp. 109. Taylor and Francis, Londres. 1952. 15s. (quatre numéros 55s.).

Advances in Physics paraît comme supplément du *Philosophical Magazine*, sous la direction de N. F. Mott. L'intention du rédacteur est de publier des articles de revue faits par des spécialistes pour des spécialistes sur toutes les questions d'intérêt actuel en physique et dans certaines branches des mathématiques appliquées. La publication trimestrielle permettra de suivre les progrès réalisés beaucoup plus rapidement que dans les Rapports Annuels de la *Physical Society* par exemple. Chaque numéro comprendra un groupe d'articles plus ou moins reliés à un sujet afin d'intéresser le chercheur non-abonné. Le premier contient trois études: l'une sur les électrons dans les métaux par E. H. Sondheimer, l'autre sur la génération de vacances dans les dislocations mobiles par F. Seitz et finalement sur la croissance et les dislocations cristallines par F. C. Frank. Le niveau est élevé et les articles suffisamment longs pour étudier à fond la question. Les numéros à paraître traiteront de l'hélium liquide, de la théorie des dislocations et de la stratosphère. Chaque numéro sera certainement bien accueilli par les spécialistes intéressés, mais le physicien voulant se tenir au courant d'autres branches de la physique que la sienne propre, continuera probablement à consulter les Rapports Annuels.

J. M. M. PINKERTON

ZOOLOGIE

VACHON, MAX. *Etude sur les Scorpions*, avec une préface de L. Fage. Pp. 482, avec 697 figures. Institut Pasteur d'Algérie, Alger. 1952. 2.200 fr.

Cet ouvrage de valeur est en réalité une étude des scorpions du nord-ouest africain mais les deux premiers chapitres ont un intérêt général. Le premier s'occupe de la morphologie externe et interne des scorpions et de leurs mœurs jusqu'ici très peu observées. Le second étudie la valeur relative de divers caractères morphologiques dans la classification et l'identification de ces animaux. Des changements décisifs dans la description future et la détermination des espèces en découleront certainement. L'importance des trichobothries (poils sensoriels) sur les pédipalpes est à juste titre soulignée.

Les 422 pages restantes (482 en tout) donnent la classification, la description et l'habitat de tous les scorpions connus du Maroc, de l'Algérie, de la Tunisie et du Sahara. L'auteur reconnaît 33 espèces (58 formes) classées en 15 genres. Il décrit 4 genres nouveaux, 9 espèces nouvelles et 7 sous-espèces et variétés nouvelles. L'origine de la faune de ces régions est étudiée et des cartes en illustrent la répartition actuelle.

Les figures, tout comme le texte, sont excellentes et l'on souhaiterait que l'auteur utilise ses dons évidents à une autre étude comparée, mondiale cette fois, des scorpions. Il y a tout au plus 600 espèces connues, mais il n'existe que des études morcelées, insuffisantes et la synonymie prête à des confusions. La tâche ne serait pas impossible à un auteur libéré d'obligations extérieures.

W. S. BRISTOWE

[*Note de la rédaction.* Nous espérons publier sous peu un article du Dr. Vachon décrivant quelques-uns de ses travaux sur les scorpions.]

Livres reçus

(*Note.* La mention à cette page n'exclut pas la possibilité de revue ultérieure.)

ASTRONOMIE

BONDI, H. *Cosmology.* Pp. 179. Cambridge University Press, Londres. 1952. 22s. 6d.

CARTER, L. J. Publié par. *The Artificial Satellite.* Compte rendu du Second Congrès international d'Astronautique. Pp. 73. The British Interplanetary Society, Londres. 1952. 5s. 6d. franco.

BIOLOGIE

BERTALANFFY, L. VON. *Problems of Life* (Mystères de la Vie). Pp. 216. Watts and Company, Londres. 1952. 25s.

CONFÉRENCES DE COLD SPRING HARBOR SUR LA BIOLOGIE QUANTITATIVE. *Genes and Mutations*, Vol. XVI. Pp. 521, avec de nombreuses illustrations en demi-teintes et des figures. The Biological Laboratory, Cold Spring Harbor, Long Island, New York. 1951. $9.

FOERSTER, HEINZ VON. Publié par. *Cybernetics.* Compte rendu de la huitième conférence, 15–16 mars 1951. Pp. 240. Josiah Macy Jr. Foundation, New York. 1952. $4.

WILLIAMS, R. T. Publié par. *Metabolism and Function in Nervous Tissue.* Conférences de la Biochemical Society No. 8. Cambridge University Press, Londres. 1952. 12s. 6d.

CHIMIE

BELL, R. P. *Acids and Bases, their Quantitative Behaviour.* Pp. 90, avec plusieurs diagrammes linéaires. Methuen and Company Limited, Londres. 1952. 6s. 6d.

COULSON, C. A. *Valence.* Pp. 338, avec plusieurs figures. Oxford University Press, Londres. 1952. 25s.

ELDERFIELD, ROBERT C., publié par. *Heterocyclic Compounds* (Vol. III et IV). Pp. 441 et 674 respectivement. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 96s. et 136s.

GUÉRIN, HENRI. *Traité de Manipulation et d'Analyse des Gaz.* Pp. 636, avec plusieurs diagrammes linéaires. Masson et Cie, Paris. 1952. Broché 4.500 fr.; relié 5.100 fr.

GUGGENHEIM, E. A. *Mixtures.* Pp. 270. Oxford University Press, Londres. 1952. 42s.

SILLÉN, L. G., LANGE, P. W. et GABRIELSON, C. O. *Problems in Physical Chemistry.* Pp. 370. Prentice-Hall Inc., New York. 1952. $6,65.

TAYLOR, HUGH S. et GLASSTONE, SAMUEL. *Treatise on Physical Chemistry* (Vol. II). *States of Matter.* (Etats de la matière). Pp. 701, avec plusieurs diagrammes linéaires. D. Van Nostrand Company Inc., New York; Macmillan and Company Limited, Londres. £3 15s.

WITTCOFF, HAROLD. *The Phosphatides.* Pp. 564. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1951. 80s.

GÉOLOGIE

BÖRNER, RUDOLF. *Welcher Stein ist das?* (Quelle est cette pierre?). Pp. 165, avec plusieurs planches en couleurs. Kosmos-Gesellschaft der Naturfreunde. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart. 1952. 5,80 marks.

HISTOIRE DE LA SCIENCE

BAUMGARDT, CAROLA. *Johannes Kepler: Life and Letters.* Pp. 209. Victor Gollancz Limited, Londres. 1952. 12s. 6d.

OSBORN, FRED M. *The Story of the Mushets* (Histoire des premiers aciers). Pp. 195, avec de nombreuses illustrations en demi-teintes. Thomas Nelson and Sons Limited, Londres. 1952. 21s.

SCOTT, J. F. *The Scientific Work of René Descartes* (1596–1650). Pp. 211, avec plusieurs diagrammes linéaires. Taylor and Francis Limited, Londres. 1952. 20s.

TAYLOR, F. SHERWOOD. *The Alchemists.* Pp. 246, avec plusieurs figures. William Heinemann Limited, Londres. 1952. 12s. 6d.

THRELFALL, RICHARD E. *The Story of 100 Years of Phosphorus Making* (Un siècle de fabrication du phosphore): 1851–1951. Pp. 400, avec plusieurs illustrations en couleurs, en demi-teintes et des figures. Albright and Wilson Limited, Oldbury. 1951. 25s.

INDUSTRIE

DELMONTE, JOHN. *Plastics Molding.* Pp. 493, avec plusieurs illustrations en demi-teintes et des lignes. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 72s.

SCHILDKNECHT, CALVIN E. *Vinyl and Related Polymers.* Pp. 723, avec de nombreuses illustrations en demi-teintes et figures. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 100s.

URQUHART, A. R., HEGAN, H. J. et LOASBY, G. *The Development of some Man-Made Fibres.* Mémoires présentés à la Conférence annuelle du Textile Institute en 1951. Pp. 79. The Textile Institute, Manchester. 1952. 12s. 6d.

MÉTALLURGIE

SMITHELLS, COLIN J. *Tungsten* (troisième édition). Pp. 326, avec de nombreuses illustrations en demi-teintes et figures. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 75s.

PHYSIQUE

Annual Review of Nuclear Science. Vol. I, 1952. Pp. 645, avec plusieurs diagrammes linéaires. Annual Reviews Inc., Stamford, Californie. 1952. $6.

HOSELITZ, K. *Ferromagnetic Properties of Metals and Alloys.* Pp. 317, avec plusieurs diagrammes linéaires. Oxford University Press, Londres. 1952. 40s.

MASSEY, H. S. W. et BURHOP, E. H. S. *Electronic and Ionic Impact Phenomena* (Phénomènes de choc électronique et ionique). Pp. 669, avec de nombreux diagrammes linéaires. Oxford University Press, Londres. 1952. 70s.

MURRAY, H. D. Publié par. *Colour in Theory and Practice.* Pp. 360, avec de nombreuses illustrations en couleurs, en demi-teintes et des figures. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 70s.

MØLLER, C. *The Theory of Relativity.* Pp. 386. Oxford University Press, Londres. 1952. 35s.

MOTT, N. F. *Elements of Wave Mechanics* (Eléments de mécanique ondulatoire). Pp. 156. Cambridge University Press, Londres. 1952. 21s.

ROCHESTER, G. D. et WILSON, J. G. *Cloud Chamber Photographs of the Cosmic Radiation.* Pp. 128, avec de nombreuses illustrations en demi-teintes. Pergamon Press Limited, Londres. 1952. 70s.

SIMON, F. E., KURTI, N., ALLEN, J. F. et MENDELSSOHN, K. *Low Temperature Physics.* Quatre conférences. Pp. 132, avec des diagrammes en demi-teintes et linéaires. Pergamon Press Limited, Londres. 1952. 21s.

SMITH, R. A. *The Physical Principles of Thermodynamics.* Pp. 280. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 30s.

Notes biographiques sur les collaborateurs

T. P. HILDITCH

Naquit en 1886 et étudia aux Universités de Londres, Iéna et Genève. Fit des recherches industrielles (1911–25) sur le développement de l'hydrogénation des graisses et autres procédés catalytiques ainsi que sur la composition et la constitution des graisses utilisées dans l'industrie. Il fut Professeur de Chimie industrielle à l'Université de Liverpool de 1926 à 1951 et y créa une école de recherches sur les graisses.

A. C. CROMBIE

Est né à Brisbane, Australie, en 1915 et a étudié aux Universités de Melbourne et de Cambridge. Il a fait paraître un certain nombre d'articles de biologie. En 1946 il fut nommé Maître de conférences d'Histoire et de Philosophie de la Science à l'Université de Londres. Il a écrit deux livres qui doivent paraître sous peu: *Augustine to Galileo. The History of Science*, A.D. 400–1650 (Falcon Press, Londres) et *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science* (Clarendon Press, Oxford).

A. BUTENANDT

Est né à Bremerhaven en 1903 et a étudié aux Universités de Marbourg et de Gœttingue. Occupa successivement les postes de «Privat-docent» à Gœttingue (1931), Professeur de Chimie organique au Collège Technique de Dantzig (1933), Directeur de l'Institut Kaiser-Wilhelm de Biochimie (1936) et Professeur de Chimie physiologique et Directeur de l'Institut chimique physiologique à Tubingue (1945). Reçut le Prix Nobel de Chimie en 1939.

THOMAS W. M. CAMERON

Né en 1894, fit ses études aux Universités de Glasgow, Edimbourg, Londres et au Collège Royal Vétérinaire (Dick). Fut Maître de conférences à l'Ecole d'hygiène et de médecine tropicale de Londres, puis Conférencier principal de Zoologie à Edimbourg. En 1932 devint Professeur de Parasitologie à McGill University et Directeur de l'Institut de Parasitologie à Macdonald College. Fut élu à la *Royal Society* canadienne en 1939 et présida la Section V en 1949–50. Fut Président de la Société américaine de Parasitologues en 1949. Outre de nombreux articles scientifiques il a publié plusieurs ouvrages dont *Diseases in Animals in Relation to Man*, *Parasites of Domestic Animals* et *Parasites of Man in Temperate Climates*. Il est rédacteur en chef du *Canadian Journal of Comparative Medicine*.

W. JACOBSON

Né en 1906, obtint des diplômes à Heidelberg et Cambridge. Il découvrit la relation entre la formation des globules sanguins et les ptérines il y a quinze ans. A étudié ce groupe de composés et leur mode d'action surtout par rapport aux globules normaux et malades. Il continue ses recherches au Laboratoire Strangeways à Cambridge tout en enseignant au Département de Physiologie de l'Université. A récemment passé deux ans aux Etats-Unis avec l'aide de la Fondation Rockefeller et du Comité Fulbright et étudia à l'Hôpital de médecine infantile de Boston les questions ayant trait au traitement de la leucémie.

M. WEBB

Obtint ses diplômes à l'Université de Birmingham. Y enseigna la chimie organique et biologique jusqu'en 1949, puis entra au *Medical Research Council* à Cambridge en vue d'organiser un service biochimique au Laboratoire Strangeways de recherches. A publié de nombreux articles sur divers aspects de la chimie bactérienne.

E. G. PRINGSHEIM

Né en 1881. Fut nommé Professeur adjoint à l'Université de Berlin en 1920, puis Professeur et chef de la section de Physiologie végétale à l'Université Allemande de Prague (1923–38). En 1939 il se réfugia en Grande-Bretagne, apportant avec lui une collection de cultures d'algues pures qui fut réorganisée au *Queen Mary College* à l'Université de Londres avec l'aide du Professeur F. E. Fritsch. Il fut alors nommé Conservateur de la collection de cultures d'algues et de protozoaires à l'Ecole de Botanique de Cambridge dont l'Université prit charge in 1947. Il quitta ce poste en 1951 et travaille actuellement au Laboratoire Strangeways de recherches à Cambridge. Il a publié des articles sur la physiologie végétale et sur la classification et la biologie des flagellés ainsi que des livres sur l'irritabilité des plantes et sur des expériences de démonstration. A écrit également un traité sur la préparation des pures cultures d'algues (Cambridge University Press, 1946). Reçut la Médaille Gauss-Weber de l'Université de Gœttingue (1950).

G. M. B. DOBSON

Né en 1889, étudia à Cambridge. Fit des travaux à l'Observatoire de Kew, puis devint Instructeur principal de Météorologie à l'Ecole centrale de Vol, Upavon (Royal Flying Corps), 1913–16, d'où il passa au *Royal Aircraft Establishment* à Farnborough, 1916–19. Chargé de cours de Météorologie à l'Université d'Oxford depuis 1919. Recherches consacrées surtout aux divers problèmes concernant la physique atmosphérique.